

폐경전후 여성의 Group III 기계적 수용기 자극 시 운동승압반사의 비교

박승애¹ · 김종경²

¹경희대학교 체육대학원 박사과정생, ²경희대학교 체육대학원 조교수

Estrogen Attenuates the Pressor Response Mediated by the Group III Mechanoreflex

Park, Seung-Ae¹ · Kim, Jong-Kyung²

¹Doctoral Student, Graduate School of Physical Education, Kyung Hee University

²Assistant Professor, Graduate School of Physical Education, Kyung Hee University, Yongin, Korea

Purpose: We investigated the effects of group III mechanoreceptors to cardiovascular responses in both pre-menopausal woman and post-menopausal woman during passive ankle dorsiflexion (PAD). **Methods:** Twenty healthy volunteers (10 post-menopausal women and 10 pre-menopausal women) were recruited for this study. Stroke volume (SV), heart rate (HR), cardiac output (CO), and total vascular conductances (TVC) were measured continuously throughout the experiment. To stimulate the group III mechanoreceptors, PAD was performed for one minute. **Results:** The results showed that mean arterial pressure (MAP) mediated by the mechanoreflex activation was significantly increased in both groups. However, this pressor response was significantly higher in post-menopausal women. This reflex significantly increased both SV and CO in pre-menopausal women, while there were no differences in post-menopausal women. There was no difference in HR in either group. The mechanoreflex significantly decreased TVC in post-menopausal woman, while there was no difference in pre-menopausal woman. **Conclusion:** The results indicate that the excessive pressor response mediated by the mechanoreflex occurs due to overactivity of group III mechanoreceptors and the mechanism is produced mainly via peripheral vasoconstriction in post-menopausal women.

Key words: Estrogen, Post-menopausal woman, Exercise pressor reflex, Group III mechanoreceptors, Cardiac output

서 론

1. 연구의 필요성

운동은 교감신경, 심박수(heart rate), 심박출량(cardiac output), 그리고 혈압을 증가시킨다. 운동 중 이러한 심혈관 반응은 두개의 신

경기전인 중앙명령(central command)과 운동승압반사(exercise pressor reflex)에 의해 조절되는 것으로 알려져 있다(Sinoway & Li, 2005; Smith, Mitchell, & Garry, 2006). 첫째, 중앙명령은 운동피질(motor cortex)을 자극하는 동시에 뇌간(brain stem)에 있는 골수(medulla)를 자극하여 호흡과 심혈관기능을 조절한다(Tsuchimochi, Matsukawa, Komine & Murata, 2002). 둘째, 운동승압반사는 골격근 수축

주요어: 에스트로겐, 폐경 후 여성, 심박출량, 운동승압반사

*본 논문은 2010년 경희대학교 대학원 석사학위 논문임.

*This study is a thesis of master of science.

*본 연구는 2006년도 경희대학교 신진연구지원에 의한 결과임(KHU-20061278).

*This work was supported by a grant from Kyung Hee University in 2006 (KHU-20061278).

Address reprint requests to: Kim, Jong-Kyung

Graduate School of Physical Education, Kyung Hee University, 1 Seocheon-dong, Giheung-gu, Yongin 446-701, Korea

Tel: +82-31-201-2778 Fax: +82-31-201-3743 E-mail: kyung19692002@khu.ac.kr

투고일: 2010년 9월 4일 심사완료일: 2010년 9월 8일 게재확정일: 2011년 4월 15일

시 근육 구심성 신경(muscle afferents)인 group III와 group IV가 자극이 되어 교감신경이 활성화되는 피드백 메커니즘이다(Hayes & Kaufman, 2001; Koba, Xing, Sinoway & Li, 2007). Group III는 골격근 수축에 의한 기계적 자극에 의해 자극이 되고, group IV는 운동 시 골격근 내에 축적된 대사산물(metabolites)에 의해 자극이 된다(Hayes, Kindig & Kaufman, 2005).

운동 시 심혈관 반응은 폐경 전 여성과 비교해서 폐경 후 여성에서 과도하게 반응하지만(Ettinger et al., 1996; Ettinger et al., 1998), 고혈압인 폐경여성에게 에스트로겐을 투여하면 운동 시 혈압반응은 감소한다(Pines et al., 1996). Hayes, Moya와 Kaufman (2002)의 동물실험에서는 운동승압 반사에 대하여 에스트로겐(estrogen)을 정맥 내로 투여한 결과, 중앙명령으로 인한 운동승압 반사를 감소시켰다. Schmitt와 Kaufman (2003)도 또한 암컷 고양이를 이용하여 17 베타 에스트라디올(17β -estrodial)을 여섯 번째 요부신경과 첫 번째 천골 신경(L6-S1) 사이 척수로 투입한 후 운동승압 반사를 조사했는데, 투여 전에 비해 투여 후 혈압은 유의하게 감소하였다. 이러한 결과는 여러 에스트로겐 수용기가 group III와 group IV 구심성 신경 경로인 뒤쪽 뿔(dorsal horn)에 존재하기 때문에 발생한다고 알려져 있다(Schmitt & Kaufman, 2003, 2005). 임상실험에서도 폐경 후 여성에 비해 비슷한 연령의 남성과 폐경 전 여성이 운동 시 심혈관 반응은 유의하게 더 낮았다(Ettinger et al., 1996; Ettinger et al., 1998). 위의 연구들은 여성 호르몬 에스트로겐이 말초혈관 저항을 감소시키고(Rosano, Sarrel, Poole-Wilson, & Collins, 1993), 중앙명령이나 group IV 대사적 수용기 운동승압 반사에 영향을 미친다고 의견이 일치하고 있다(Ettinger et al., 1998).

그러나 인간을 대상으로 한 임상실험에서 group III 기계적 수용기 운동승압반사에 대한 에스트로겐이 어떻게 영향을 미치는지 밝혀지지 않았다. 그러므로 폐경 전 여성과 폐경 후 여성을 대상으로 운동승압반사에 대한 연구의 필요성이 제기된다.

2. 연구 목적

본 연구는 폐경 전후의 여성을 대상으로 골격근에 있는 group III 기계적 수용기 자극에 의해 유래되는 운동승압반사에 대해 에스트로겐의 효과를 규명하고, 폐경 후 여성이 운동 시 왜 과도한 혈압 반응이 발생하는지 기전을 밝히는 데 있다. 과도한 혈압반응 기전을 파악하여 폐경 후 여성이 안전하게 운동할 수 있도록 운동처방의 기초자료로 활용하고자 한다. 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

첫째, group III 기계적 수용기 자극 시 폐경 전후 여성의 혈압 상승에 차이가 있는지 확인한다.

둘째, 운동 시 폐경 후 여성에서 발생하는 과도한 혈압반응이 심

박출량의 증가 때문인지 아니면 말초혈관 저항의 증가 때문인지 확인한다.

연구 방법

1. 연구 대상

대상자는 일상생활에서 저·중강도로 30분 이상 운동습관이 없는 36-57세의 중년여성으로 S지역에 거주하며 Y사회복지관의 광고를 통해 26명이 지원하였으나, 약물복용자 4명, 운동습관자 2명을 제외한 20명이 참여하였다. 대상자는 폐경 전 여성(44.6 ± 1.4 세) 10명, 폐경 후 여성(52.4 ± 0.9 세) 10명으로 분류하였다. 폐경의 판단기준은 자연폐경으로서, 폐경이 최소한 1년 이상 경과된 여성이면서 K병원의 산부인과 의사의 임상적인 소견을 근거로 분류하였다. 대상자 전원은 심혈관 질환과 정형 외과적 질환이 없는 여성으로 선정하였으며, 에스트로겐 복용 등 혈압에 영향을 주는 약을 복용하는 대상자는 본 연구에서 제외시켰다. 대상자 전원에게 본 연구의 목적 및 검사 내용을 설명하고, 연구 전반에 대한 충분한 이해를 시킨 후, 자발적인 참여 의사를 밝힌 대상으로 구성하였으며, 건강력 설문지(Health History Questionnaires; HHQ)와 연구 참여 동의서(informed consent)를 받은 후 측정을 실시하였다. 또한 대상자들에게는 측정 24시간 전에 음주, 흡연, 무리한 노동, 지나친 운동을 삼가 하도록 하였다. 또한 충분한 수면을 취하게 한 후 다음날 아침에 측정에 응하도록 하였다. 측정당일 측정순서, 측정항목과 측정 시의 주의사항 등을 충분히 설명한 후 실시하였다.

2. 자료 수집 방법

1) 안정 시 혈압측정

안정 시 혈압은 실험실에서 15분 동안 앉은 자세로 안정을 취하게 하고, 대상자가 앉은 자세에서 팔의 위치를 심장의 위치와 평행하게 하고 청진기(stethoscope)와 수은혈압계를 이용하여 상완동맥에 청진기를 고정시키고 커프(cuff)를 착용한 후, 수축기 혈압(systolic blood pressure)과 이완기 혈압(diastolic blood pressure)을 5분 간격으로 3번을 측정하여 그 평균값을 산출하였다. 수동 혈압기를 통하여 얻어진 수축기 혈압과 이완기 혈압은 beat by beat로 안정 시 혈압을 측정하는 혈액학 모니터링 시스템(Finapres, Netherland) 장비에서 얻어진 값을 검증하는 데 사용했다.

2) 발목 뒤굽힘(Ankle Dorsiflexion)

중앙명령과 운동승압반사의 또 다른 요소인 대사적 수용기

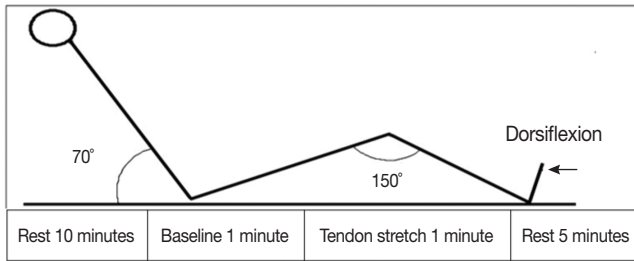


Figure 1. Experimental foot ankle dorsiflexion

(muscle afferent group IV muscle metaboreceptors)의 영향을 배제시키고, 순수한 기계적수용기(muscle afferent group III mechanoreceptors)의 자극을 유발하기 위하여 자동화된 등속성 근기능 장비(Humac Norm, USA)로 대상자의 발목 뒤굽힘을 수행하였다. 발목 뒤굽힘은 수동적 근 스트레치를 유발하여 순수한 기계적 수용기를 자극하는 것으로 알려져 있다(Cui, Blaha, Moradkhan, Gray, & Sinoway, 2006; Gladwell & Coote, 2002). 대상자가 등속성 근기능 측정 장비에 앉은 후 대상자의 왼쪽 발을 슬관절 방향으로 발목 뒤굽힘을 할 수 있도록 장치를 제작했다(Figure 1). 사용모드는 왼쪽 발바닥 부분을 지속적으로 회전력을 적용할 수 있는 continuous passive motion (CPM) mode를 사용했으며, 발목 뒤굽힘 시간은 1분간 지속하였다.

대상자의 자세는 등을 수평에서 70°로 했으며, 무릎의 각도는 발목 뒤굽힘을 실시하는 데 최적의 각도인 150°로 고정시켰다(Cui et al., 2006). 발은 금속판으로 된 등속성 근 기능 측정 장비의 지그(jig) 위에 놓고, 왼발의 회전 중심인 외측 복사뼈(lateral malleolus)와 등속성 근 기능 측정 장비의 회전중심 축을 일치시켰다.

본 연구에서 발에 적용한 회전력은 아킬레스건(achilles tendon)에 약 70 kg 중으로 아킬레스건에 일직선으로 적용한 힘에 해당한다. 이러한 힘의 적용은 사전에 대상자의 발을 이용해 발목 뒤굽힘을 실시했을 때, 아픔을 느끼지 않는 힘의 강도를 근거로 하여 결정하였다(Cui et al., 2006).

3) 심혈관 반응 측정

대상자의 수축기혈압, 이완기 혈압, 심박출량, 심박수, 일회 박출량(stroke volume)을 측정하기 위해 중지의 두 번째 마디 부분을 이용해 센서를 부착하여 지속적인 심혈관 반응을 측정하는 혈역학 모니터링 시스템으로 사용했다(Van Groningen et al., 2008).

4) 신체질량지수(Body Mass Index) 및 체지방률 측정

키는 Martin's 인체계측기(PKS-1008, Japan)를 이용하여 측정하였고, 몸무게는 체중계(Seca, Germany)를 이용하여 측정하였다. 신체 질량지수는 키와 몸무게를 이용하여 산출하였다(kg/m^2). Dual X-

ray Absorptiometry (QDR-4500W, USA)를 이용하여 체지방률을 측정하였다.

3. 연구 절차

대상자가 등속성 근기능 장비에 앉은 후, 발목 뒤굽힘이 수행되도록 준비되었고, 발목 뒤굽힘 전후로 심혈관 반응을 지속적으로 측정하기 위해 혈역학 모니터링 시스템이 부착되었다. 모든 장비가 준비된 후 발목 뒤굽힘 전 대상자는 최소한 5분간의 안정을 취하였다. 모든 생리학적 변인들이 항상성(steady state)이 유지된 후 발목 뒤굽힘이 수행되었다. 실험 동안 대상자는 호흡을 참지 말고 편안하게 호흡하도록 지시되었다. 발목 뒤굽힘은 10분 간격으로 총 3회 반복하였다.

4. 자료 수집 방법

본 연구기간은 2009년 6월에 시작하여 대상자를 모집하고, 8월에 본 실험을 시작하여 10월에 자료를 수집하였다. 발목 뒤굽힘 시 건에 적용된 힘은 등속성 근기능 장비(Humac Norm, USA)에 의해 측정된 peak torque값으로 하였다. 안정 시 심 박수, 일회박출량, 심박출량, 수축기 혈압, 이완기 혈압을 beat by beat로 측정한 후 발목 뒤굽힘 전 1분간의 평균값을 사용했다. 평균혈압(mean arterial pressure, MAP)은 수축기 혈압과 이완기 혈압을 이용하여 산출하였으며(평균혈압 = $1/3 \times (\text{수축기 혈압} - \text{이완기 혈압}) + \text{이완기 혈압}$), 총 말초혈관의 수축과 이완 변화를 예측하기 위해 총 말초혈관 지표(total vascular conductances, TVC)를 사용하였으며, 심박출량과 평균혈압을 이용하여 산출하였다(총 말초혈관 지표 = 심박출량/평균혈압) (Kim et al., 2004).

5. 자료 분석 방법

본 연구에서 측정된 각 항목의 측정결과는 기술통계량(mean \pm standard error)으로 나타내었다. 측정항목에 대한 각 집단의 안정 시와 발목 뒤굽힘 결과의 평균 차이를 검증하기 위한 통계처리는 반복이 있는 이원변량분석(two-way ANOVA with repeated measures)을 실시하였다. 주효과 또는 상호작용이 통계적으로 유의할 경우, 동일 시점에서의 두 집단 간 종속변인의 평균 차이를 분석하기 위하여 독립 T 검증(independent t-test)을, 동일 집단 내에서 종속변인의 평균 차이를 검증하기 위하여 종속 T 검증(paired t-test)을 실시하였다. 검증을 위한 유의수준은 .05로 하였다.

연구 결과

1. 연구 대상자의 특성

폐경 후 여성은 전 여성보다 연령, 신체질량지수(body mass index, BMI), 체지방률에서 유의하게 높았다(Table 1). 안정 시 수축기 혈압과 이완기 혈압도 폐경 후 여성이 유의하게 높았다. 발목 뒤굽힘 수행 시 기계적 수용기를 자극하기 위해 건에 적용된 힘(peak torque)에서 폐경 전 여성에서 peak torque 값이 26.76 Nm (68.27 kg), 폐경 후 여성은 26.64 Nm (67.96 kg)을 나타내어, 두 집단 간 통계적으로 유의

Table 1. Physical Characteristics of Participants

Variables	PMW (n = 10)	PTW (n = 10)
Age (yr)	44.6 ± 1.4	52.4 ± 0.9*
Height (cm)	158.3 ± 1.4	155.3 ± 0.7
Weight (kg)	56.7 ± 1.6	60.0 ± 1.8
Body mass index (kg/m ²)	22.6 ± 0.5	24.9 ± 0.8*
Percent body fat (%)	27.4 ± 0.8	32.0 ± 0.9*
SBP (mmHg)	107.1 ± 5.4	122.4 ± 2.8*
DBP (mmHg)	56.9 ± 3.2	59.7 ± 1.8

Values are mean ± standard error.

* $p < .05$ vs. PMW.

PMW=premenopausal woman; PTW=postmenopausal woman; SBP=systolic blood pressure; DBP=diastolic blood pressure.

한 차이가 없었다.

2. 운동승압반사에 따른 평균혈압, 심박출량, 심박수, 일회박출량, 총 말초혈관 지표의 반응

발목 뒤굽힘으로 유발된 건 스트레치에 의해 자극된 기계적 수용기는 두 집단 모두에서 평균혈압을 유의하게 증가시켰다($p < .001$; $p < .001$). 폐경 전 여성에서 평균혈압 증가는 8.7 ± 0.8 mmHg이었고, 폐경 후 여성에서 평균혈압 증가는 14.5 ± 1.9 mmHg이었다. 하지만 건 스트레치 시 발생한 힘에 두 집단 사이에 차이가 없었을지라도, 폐경 전 여성에 비해 폐경 후 여성에서 MAP가 더 현저하게 증가했다($p = .012$). 안정 시 일회박출량, 심박출량은 폐경 후 여성이 유의하게 높았고($p = .014$; $p = .012$), Group III 기계적 수용기 자극 시 유발된 운동승압반사에 따른 일회박출량, 심박출량은 폐경 전 여성에서 각각 8.9 ± 3.3 mL, 0.7 ± 0.2 L씩 유의하게 증가했지만($p = .047$; $p = .033$), 폐경 후 여성에서는 유의한 차이가 없었다. 안정 시 심박수에서 두 집단 사이에 유의한 차이가 없었고, 또한 운동승압반사에 의한 심박수 증가에 있어도 두 집단 모두 유의하게 증가하지 않았다(Figure 2).

안정 시 총 말초혈관저항의 지표에서는 두 집단 간에 차이가 없었다. 폐경 전 여성에서 운동승압반사에 의한 총 말초혈관저항의 지

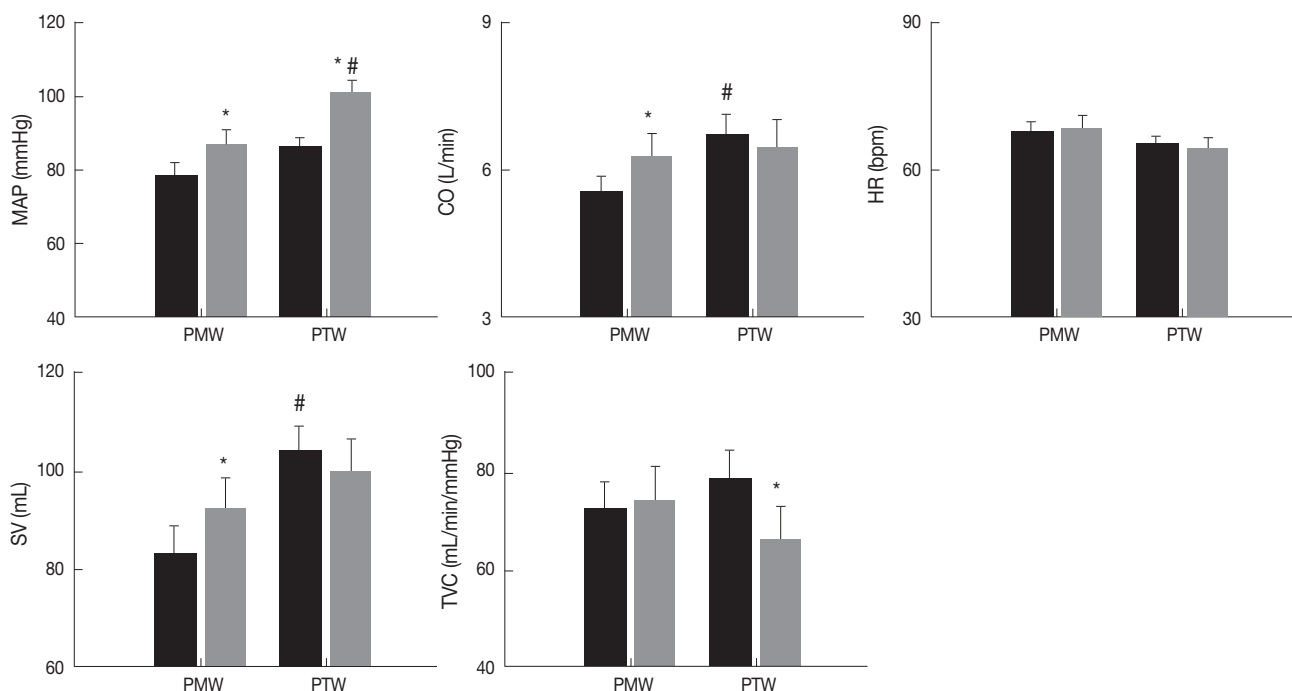


Figure 2. Cardiovascular responses mediated by the mechanoreflex during foot ankle dorsiflexion.

Values are mean ± standard error. PMW=Premenopausal woman; PTW=Postmenopausal woman; Black Bar: baseline; Gray Bar: mechanoreflex activation. *Significantly different from baseline value, $p < .05$; #Significantly different from PMW, $p < .05$; MAP=mean arterial pressure; HR=heart rate; SV=stroke volume; CO=cardiac output; TVC=total vascular conductances.

표에서는 유의한 차이가 없는 반면, 폐경 후 여성은 유의하게 감소했다(-12.9 ± 3.7 mL/min/mmHg) ($p < .001$) (Figure 2). 이러한 결과는 폐경 후 여성의 group III 기계적 수용기 자극으로 인한 운동승압반사로 말초혈관 수축이 증가했다는 것을 시사한다.

논 의

동물을 이용한 group III 기계적 수용기 자극을 위한 건 스트레치의 경우, 평균 350 g의 쥐는 아킬레스건에 직접 1 kg중의 힘을 가하였으며(Smith, Williams, Leal, Mitchell, & Garry, 2006), 평균 3.1 kg의 고양이 실험에서는 4 kg중의 힘을 직접 아킬레스건에 가하였다(Kim, Hayes, Kindig, & Kaufman, 2007). 본 연구에서는 58 kg인 대상자의 아킬레스건에 약 68 kg중의 힘을 가하였으며, 체질량 대비 가한 힘은 동물실험과 유사한 힘이 가해졌다. 본 연구의 결과를 통해 동물 실험에서 나타난 것과 같이 여성의 에스트로겐은 운동승압 반사에 의한 혈압증가를 감소시킨다는 것이 확인되었다. 운동승압 반사에 의한 폐경 전 여성의 혈압 증가는 심박출량의 증가에 의해 유발되었고, 폐경 후 여성은 말초혈관 저항에 의해 증가했다. 이러한 결과는 에스트로겐 결여 시 운동승압반사에 의한 혈압증가의 기전은 심박출량증가에서 말초혈관 저항 증가로 기전이 변화한다는 것이 시사되었다.

여성은 남성에 비해 운동 시 혈압과 근육의 교감신경활동 반응은 낮은 것으로 알려져 있다. 이러한 차이는 운동승압 반사에 대한 17베타 에스트라디올의 영향 때문이라고 제시되고 있다(Ettinger et al., 1996; Ettinger et al., 1998). 본 연구의 결과도 동물실험에서 얻은 결과와 일치하고 있지만, 동물실험은 운동승압반사를 유발하는 구심성 신경인 group III 기계적 수용기에만 에스트로겐이 영향을 주는 것인지, 구심성 신경인 group IV 대사성 수용기에만 영향을 주는 것인지, 아니면 두 수용기에 모두 영향을 주는지 제시하지 못했다(Schmitt & Kaufman, 2003). 또한, 폐경 전 여성을 대상으로 생리기간과 배란 기간을 이용하여 group IV 대사성 수용기 자극으로 인한 운동승압 반사에 에스트로겐 효과를 제시했지만, 이들 연구에서도 group III 기계적 수용기로 인한 운동승압 반사에 어떻게 에스트로겐 영향을 미치는지 제시하지 못했다(Ettinger et al., 1996; Ettinger et al., 1998).

그러므로 본 연구는 폐경 전후 여성을 대상으로 group III 기계적 수용기 자극으로 인한 운동승압반사에 대한 에스트로겐 효과를 규명하고자 했는데, 폐경 전 여성에서 운동승압반사가 낮았다. 이러한 결과는 에스트로겐이 group III 기계적 수용기에도 영향을 주어 혈압반응의 감소를 시사한다.

에스트로겐이 영향을 주는 곳은 척수의 여섯 번째 요부신경과

첫 번째 천골신경에만 국한되어 있으며, 이곳에 많은 에스트로겐 수용기가 존재한다(Schmitt & Kaufman, 2003). 이 위치는 여섯 번째 요부신경과 첫 번째 천골신경 뒤쪽 뿔(dorsal horn)의 표면 판(superficial laminae)인데, group III와 IV 구심성 신경으로부터 정보가 전달되는 경로이다(Craig & Mense, 1983). 또한, 여섯 번째 요부신경과 첫 번째 천골신경 후근 신경절(dorsal root ganglia)도 운동승압 반사를 일으키는 group III와 group IV 구심성 신경의 세포체(cell bodies)를 포함하고 있다(McCloskey & Mitchell, 1972). 이러한 사실을 고려해 볼 때, group III 구심성 신경의 전달경로가 접하는 여섯 번째 요부신경과 첫 번째 천골신경 뒤쪽 뿔에 에스트로겐이 영향을 주어 운동승압 반사를 감소시킬 것으로 사료된다.

17베타 에스트라디올은 동물실험에서 심박수 반응에는 효과가 없는 것으로 알려져 있는데(Schmitt & Kaufman, 2003), 본 연구에서도 건 스트레치 시 group III 기계적 수용기 자극에 의한 심박수 반응에는 두 집단 모두에서 차이가 없었다. 두 집단에서 평균혈압은 유의하게 증가했는데, 폐경 후 여성에서 더 현저하게 증가했다. 이러한 과도한 혈압증가는 심박출량에 변화가 없음에도 불구하고, 말초혈관 저항의 증가에 의해 유발되었다. 반면에, 폐경 전 여성은 말초혈관 저항의 변화 없이 SV의 증가에 의한 심박출량의 상승 때문에 혈압이 증가했다.

에스트로겐은 말초혈관 저항을 감소시키지만(Rosano et al., 1993), 운동 시 혈압 반응은 난소주기(ovarian cycle)에 따라 달라지며, 여포기(follicular phase)와 비교해서 월경기(menstrual phase)때 더 높다고 알려져 있다(Ettinger et al., 1998). 이는 월경기와 비교해서 여포기 때 더 많은 에스트로겐이 분비되기 때문이다(Ettinger et al., 1996; Ettinger et al., 1998). 폐경기는 여성에게 신체적, 생리적, 신경내분비적 변화가 진행되는 시기로 특히 에스트로겐이 급격히 감소한다(Innes, Selfe, & Taylor, 2008). 종합해보면 폐경 전 여성에서 group III 기계적 수용기 자극에 의해 심박출량과 말초혈관 수축이 증가될 수 있지만, 말초혈관 이완을 증가시키는 에스트로겐 효과 때문에 말초혈관이 수축과 이완하려는 힘이 서로 상쇄되어 말초혈관저항에는 변화가 없는 것으로 사료된다. 이와 같이 폐경 전후 여성의 에스트로겐 차이 때문에 group III 기계적 수용기 자극 시 유발되는 운동승압 반사는 변화되었다고 판단되었다.

결 론

본 연구는 폐경 전후의 여성을 대상으로 group III 기계적 수용기 자극으로 인한 운동승압반사에 에스트로겐의 효과와 과도한 혈압 반응이 발생하는 기전을 검토하였다. 에스트로겐은 운동승압반사의 한 요소인 group III 기계적 수용기에 영향을 주어 혈압을 감소시

켰다. 또한 폐경 후 여성에서 과도한 운동승압반사는 심박출량의 변화보다는 말초혈관저항의 증가에 의해 유발된다는 것을 확인했다. 운동은 혈압을 낮춘다고 일반적으로 알려져 있어, 고혈압자 뿐만 아니라 폐경 후 여성한테도 규칙적인 운동이 권장되고 있다. 하지만 운동 시 과도한 혈압반응은 뇌졸중이나 심장마비를 일으켜 운동의 안전성을 제한하고 있다. 따라서 혈압이 높은 폐경 후 여성을 대상으로 재활이나 운동 간호 시 본 연구의 결과를 고려하여 철저한 간호중재 계획을 세우는 게 바람직하다고 할 수 있다. 앞으로 폐경 후 여성에서 과도한 운동승압반사를 감소시킬 수 있는 기초연구가 지속되어야 할 것이다.

REFERENCES

- Craig, A. D., & Mense, S. (1983). The distribution of afferent fibers from the gastrocnemius-soleus muscle in the dorsal horn of the cat as revealed by the transport of horseradish peroxidase. *Neuroscience Letters*, 41, 233-238.
- Cui, J., Blaha, C., Moradkhan, R., Gray, K. S., & Sinoway, L. I. (2006). Muscle sympathetic nerve activity responses to dynamic passive stretch in humans. *The Journal of Physiology*, 576, 625-634.
- Ettinger, S., Silber, D. H., Collins, B. G., Gray, K. S., Sutliff, G., Whisler, S. K., et al. (1996). Influences of gender on sympathetic nerve responses to static exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80, 245-251.
- Ettinger, S. M., Silber, D. H., Gray, K. S., Smith, M. B., Yang, Q. X., Kunselman, A. R., et al. (1998). Effects of the ovarian cycle on sympathetic neural outflow during static exercise. *Journal of Applied Physiology*, 85, 2075-2081.
- Gladwell, V. F., & Coote, J. H. (2002). Heart rate at the onset of muscle contraction and during passive muscle stretch in humans: A role for mechanoreceptors. *Journal of Physiology*, 540, 1095-1102.
- Hayes, S. G., & Kaufman, M. P. (2001). Gadolinium attenuates exercise pressor reflex in cats. *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*, 280, H2153-H2161.
- Hayes, S. G., Kindig, A. E., & Kaufman, M. P. (2005). Comparison between the effect of static contraction and tendon stretch on the discharge of group III and IV muscle afferents. *Journal of Applied Physiology*, 99, 1891-1896.
- Hayes, S. G., Moya del Pino, N. B., & Kaufman, M. P. (2002). Estrogen attenuates the cardiovascular and ventilatory responses to central command in cats. *Journal of Applied Physiology*, 92, 1635-1641.
- Innes, K. E., Selfe T. K., & Taylor, A. G. (2008). Menopause, the metabolic syndrome, and mind-body therapies. *Menopause*, 15, 1005-1013.
- Kim, J. K., Augustyniak, R. A., Sala-Mercado, J. A., Hammond, R. L., Ansorge, E. J., Rossi, N. F., et al. (2004). Heart failure alters the strength and mechanisms of arterial baroreflex pressor responses during dynamic exercise. *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*, 287, H1682-H1688.
- Kim, J. K., Hayes, S. G., Kindig, A. E., & Kaufman, M. P. (2007). Thin-fiber mechanoreceptors reflexly increase renal sympathetic nerve activity during static contraction. *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*, 292, H866-H873.
- Koba, S., Xing, J., Sinoway, L. L., & Li, J. (2007). Differential sympathetic outflow elicited by active muscle in rats. *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*, 293, H2335-H2343.
- McCloskey, D. I., & Mitchell, J. H. (1972). Reflex cardiovascular and respiratory responses originating in exercising muscle. *Journal of Physiology*, 224, 173-186.
- Pines, A., Fisman, E. Z., Shapira, I., Drory, Y., Weiss, A., Eckstein, N., et al. (1996). Exercise echocardiography in post-menopausal hormone users with mild systemic hypertension. *American Journal of Cardiology*, 78, 1385-1389.
- Rosano, G. M. C., Sarrel, P. M., Poole-Wilson, P. A., & Collins, P. (1993). Beneficial effect of estrogen on exercise-induced myocardial ischemia in women with coronary artery disease. *Lancet*, 342, 133-136.
- Schmitt, P. M., & Kaufman, M. P. (2003). Estrogen attenuates the exercise pressor reflex in female cats. *Journal of Applied Physiology*, 95, 1418-1424.
- Schmitt, P. M., & Kaufman, M. P. (2005). Estrogen's attenuating effect on the exercise pressor reflex is more opioid dependent in gonadally intact than in ovariectomized female cats. *Journal of Applied Physiology*, 98, 633-639.
- Sinoway, L. I., & Li, J. (2005). A perspective on the muscle reflex: implications for congestive heart failure. *Journal of Applied Physiology*, 99, 5-22.
- Smith, S. A., Mitchell, J. H., & Garry, M. G. (2006). The mammalian exercise pressor reflex in health and disease. *Experimental Physiology*, 91, 89-102.
- Smith, S. A., Williams, M. A., Leal, A. K., Mitchell, J. H., & Garry, M. G. (2006). Exercise pressor reflex function is altered in spontaneously hypertensive rats. *The Journal of Physiology*, 577, 1009-1020.
- Tsuchimochi, H., Matsukawa, K., Komine, H., & Murata, J. (2002). Direct measurement of cardiac sympathetic efferent nerve activity during dynamic exercise. *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*, 283, H1896-H1906.
- Van Groningen, L. F., Adiyaman, A., Elving, L., Thien, T., Lenders, J. W., & Deinum, J. (2008). Which physiological mechanism is responsible for the increase in blood pressure during leg crossing? *Journal of Hypertension*, 26, 433-437.