

중년여성의 운동 형태에 따른 염증인자와 혈관내피 성장인자에 미치는 영향

어경태¹, 조인혜¹, 곽동민^{2*}

¹한양대학교 스포츠과학과 박사과정, ²한양대학교 에리카 스포츠과학부 조교수

The Effects of Type of Exercise on Inflammatory Factor and Vascular Endothelial Growth Factor in Middle Aged Women

KyungTae Eo¹, Inhye Cho¹, Dongmin Kwak^{2*}

¹Doctoral Student, Department of Sport Science, Hanyang University

²Assistant Professor, Division of Sport Science, Hanyang University ERICA

요약 본 연구는 중년여성 18명을 대상으로 저항성 운동군 A그룹 6명(1RM 40-60%), 유산소 운동군 B그룹 6명(VO₂max 60-70%), 유연성 운동군 C그룹(10~60 sec/sets) 6명으로 무선 배정하여 12주간 주 3회(월, 수, 금) 1일 50~60분의 운동 형태에 따른 신체구성과 염증인자, 혈관내피 성장인자에 미치는 영향을 알아보기 위하여 비교·분석한 결과, 첫째, 염증인자의 변화에서는 CRP 및 IL-6의 시기의 주효과에서는 유의한 차이(p<.05)가 나타났다. 둘째, 혈관내피 성장인자의 변화에서는 VEGF의 시기의 주효과 및 시기×그룹의 상호작용에서는 유의한 차이(p<.05)가 나타났다. 본 연구의 결과를 토대로 운동 형태에 따른 염증인자와 혈관내피 성장인자에 관한 다양한 각도의 연구와 개선을 위한 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

키워드 : 중년여성, 저항성운동, 유산소운동, 유연성운동, 신체구성, 염증인자, 혈관내피성장인자

Abstract To investigate the effects of type of exercise on inflammatory factor and vascular endothelial growth factor in middle aged women, we recruited 18 people middle-aged women and they divided into 3 groups (N=6, resistance exercise group, 40-60% of 1RM, N=6 aerobic exercise group, 60-70% of VO₂max, N=6, flexibility exercise group, 10-60 sec/sets). The data were compared to the effect of exercise between 50 ~ 60 minutes per a day, 3 day times per week on the body composition, inflammatory factor, vascular endothelial growth factor and vascular compliance in middle aged women. First, in regards to inflammatory factors between groups, a significant difference (p<.05) was identified in the effects of CRP and IL-6 in terms of time (T). Second, regarding vascular endothelial growth factors between groups based on the type of exercise, a significant difference (p<.05) was found in the effects of VEGF's time (T) and the interaction between time and group (TxG). In conclusion, All types of exercise could partially improve inflammatory factors and vascular endothelial growth factors.

Key Words : Middle Aged, Type of Exercise, Body Composition, Adiponectin, CRP, IL-6, VEGF

This manuscript is based on Modified a part of the Lead author Doctoral dissertation from Hanyang University.

This work was supported by the research fund of Hanyang University(HY-2021-G).

*Corresponding Author : Dongmin Kwak(dmkwak@hanyang.ac.kr)

Received January 31, 2023

Revised February 14, 2023

Accepted March 20, 2023

Published March 28, 2023

1. 서론

현대사회의 가장 큰 변화로 주목받고 있는 부분은 의학기술의 발달과 함께 삶의 가치를 추구하기 위한 건강의 관심이 늘어나고 있는 추세이다. 현재 우리나라의 중년 여성 비율은 약 53%로 나타나며 중년 남성에 비해 높은 것으로 나타났다[1]. 이렇듯 평균수명이 증가하고 생활양식 또한 편리하고 다양해졌으나 신체활동의 감소로 인하여 신체적 기능이 현저하게 저하되는 것을 확인할 수 있다. 또한 불규칙한 식습관 및 운동 부족으로 인하여 성인병 발병률이 높아지고 있는 추세이며, 체중의 증가는 단순히 건강상의 문제를 벗어나 사망과 관련한 질환의 주원인으로 주목받고 있다. 신체활동의 부족으로 중년기에는 생리적 변화와 육체적, 정신적 변화를 보이게 되는데 여성이 경험하는 심리, 신체적 증상은 체중증가, 안면홍조, 두통, 관절통, 우울, 불면, 자아존중감 저하 등이 있으며, 이들 증상은 운동 부족과 깊은 관련이 있으며 다양한 심리, 신체적 변화를 경험하고 있는 중년여성은 기초대사율 저하와 더불어 신체활동의 부족 그리고 많은 칼로리 섭취 등으로 인한 스트레스는 면역반응에 부정적인 영향을 나타내어 질병에 대한 대처 능력을 떨어트려 암을 비롯한 다양한 성인병과 만성질환에 대한 감수성을 높일 수 있다[2]. 특히 정신·사회적 역할변화에 따른 갈등, 다양한 생활환경 등이 심리적 적응능력에 영향을 미치고 있으며 건강관리가 소홀히 되어 건강상의 문제를 유발할 수 있어 남성보다 중년여성이 더욱 높은 이환율이 나타나는 것을 알 수 있다[3]. 중년여성은 연령이 증가할수록 근육의 손실로 인하여 기초대사량과 제지방이 감소하고 근육의 기능이 저하됨으로 체력적 기능도 쇠퇴됨을 알 수 있다[4]. 또한 체력 및 호르몬의 변화, 신체기능 및 근육량 저하와 체중증가, 기초대사율 감소 등의 변화로 인한 만성적인 성인병 및 골다공증과 심장질환 등의 위험도가 매우 높다고 알려져 있다[5].

지방세포에서 분비되는 아디포카인(Adipokine)의 종류는 아디포넥틴(Adiponectin)과 IL-6(Interleukin-6), 등이 알려져 있다. 지방세포는 단순히 에너지를 저장시키는 저장고가 아닌 내분비 기관으로서 인체의 관여하는 내용으로 염증반응과 면역반응, 인슐린 저항성, 에너지대사, 식욕, 항상성 조절 등에 관련이 있는 것으로 보고되었다[6]. 또한, 동맥경화와 염증반응에 관련된 중요한 영향을 나타내며 혈관의 만성적 염증과 인슐린저항성을 유발

함으로써 비만 및 심혈관질환을 발생시키는데 직접적인 원인이라고 보고되었다[7]. 만성적인 염증인자인 C-반응성 단백질(C-reactive protein: CRP), Fibrinogen, IL-6 (Interleukin-6), TNF- α (Tumor Necrosis Factor α) 등은 비만인에게서 증가를 보이며 급성기단백의 하나로써 심근경색이나 협심증의 예후 인자로 알려져 있는 CRP의 경우 운동 부족과 혈관내피세포기능 저하 및 알코올의 섭취와 흡연 그리고 우울증과 연관성이 높은 것으로 보고하였다[8]. 이중 CRP의 경우 각종 염증 및 질병의 상태를 측정하는 지표로 이용되며, 급성반응물질(acute phase reactant)이라 하였다[9]. 또한 염증반응 전 단계의 사이토카인으로 TNF- α , IL-6의 생성은 지방조직에서부터 일어난다는 것을 알 수 있다[10]. Adiponectin은 항염증과 동맥경화를 예방해주며 분비량이 적을수록 손상된 혈관 세포에 염증세포가 부착되며 염증반응과 동맥경화성질환을 유발하는 원인이 된다[11].

규칙적인 운동은 심혈관계 질환을 낮추는 중요한 요소로서[12], 혈중 콜레스테롤과 혈당은 혈액 구성에 긍정적인 영향을 주며, 심혈관계 질환 위험인자로 작동하는 비만예방과 혈관 기능의 향진으로 인한 고혈압 유발을 감소시킨다[13]. 운동을 통한 혈관의 생성은 다양한 혈관신생 인자들에 의하여 조절되며 대표적인 혈관신생 인자로 VEGF(Vascular Endothelial Growth Factor)가 있다. VEGF는 혈관신생을 유도하여 혈관내피세포(endothelial cell)의 이동, 분화, 생존 및 증식 등을 조절하여 새롭게 혈관을 생성하는 중요한 역할을 한다[14]. 평균나이 61세의 울혈성 심부전 환자를 대상으로 60%의 Heart Rate Reserve(HRR)로 1회 45분 2주, 3회 8주간의 자전거 운동을 실시한 결과 VEGF가 유의하게 증가하였다고 보고하였다[15]. 혈관의 생성은 동맥의 내경을 증가시키고 모세혈관의 수를 증가시키며 동맥혈관의 긍정적인 변화에 기여하고 있으며, 이렇듯 혈관 생성에 중요한 역할을 하는 물질로 혈관내피 성장인자(VEGF)가 있다[16].

이와 같이 선행 연구들에서 규칙적인 신체활동과 운동 프로그램을 실시할 경우 혈액 염증인자의 긍정적인 변화와 혈관내피세포의 기능을 개선하는 것으로 보고되고 있으나 중년여성을 대상으로 운동 형태에 따른 혈관내피세포 및 혈관 탄성에 관한 연구는 희소한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 중년여성들을 대상으로 운동 형태에 따른 염증인자와 혈관내피 성장인자 및 혈관 탄성에 대해 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

Table 1. Physical characteristic of subjects

Mean ± Standard Deviation

Group	N (17)	Ages (yrs)	Weight (kg)	Height (cm)	fat (%)	BMI (kg/m ²)
Group A(40~60% 1RM) Resistance Exercise	N=6	58.3±4.18	61.20±11.15	153.8±4.16	36.23±11.32	25.87±4.50
Group B(60~70% VO _{2max}) Aerobic Exercise	N=6	59.5±1.05	69.37±12.45	155.1±4.35	41.77±5.49	28.70±4.04
Group C(10~60 sec/sets) Flexibility Exercise	N=6	58.8±3.97	64.57±6.29	157.4±2.17	39.70±3.11	26.05±2.22

2. 연구방법

2.1 연구 대상 및 기간

본 연구의 대상자는 경기도 A지역 중년 여성 18명을 대상으로 실시하였다. 연구 시작 전 모든 대상들에게 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분히 설명을 하였으며, 피험자는 자발적으로 참여 의사를 밝힌 후 실시하였다. 연구대상자들은 무선추출법에 의하여 저항성 운동군 A그룹(40~60%, 1RM) 6명과 유산소 운동군 B그룹(60~70%, VO_{2max}), 6명, 유연성 운동군 C그룹(10~20 sec/sets) 6명으로 연구를 진행하였다. 연구대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

본 연구는 12주간 운동 형태에 따른 중년여성의 염증인자 및 혈관내피성장인자에 미치는 영향을 알아보기 위해 혈액성분 검사를 하였으며, 운동 프로그램은 12주간 주 3회(월, 수, 금)의 빈도로 저항성 운동(40~60%, 1RM), 유산소 운동(60~70%, VO_{2max}), 유연성 운동(10~60s/set)으로 H대학교 체력단련실에서 1일 강도별로 40-60분간 실시하였다. 본 연구의 연구 기간 및 절차는 Table 2와 같다.

Table 2. Research period and procedure

Process	Period
Literature review	2021. 10. 01 ~ 2021. 11. 30
Target selection	2021. 12. 01 ~ 2021. 12. 31
Inspection period	2022. 01. 03 ~ 2022. 03. 21
Results and Statistics	2022. 06. 22 ~ 2022. 07. 31
Writing a thesis	2022. 08. 01 ~ 2022. 12. 21

2.2 운동프로그램별 측정 방법

2.2.1 저항성 운동 프로그램 측정 방법

연구 대상자들은 실험 당일 시작 24시간 전부터 음주 및 흡연과 과도한 신체활동을 통제하였으며, 실험 1시간 전 실험실에 도착 후 충분한 휴식을 취한 뒤 10분간 준비 운동을 실시하였다. 최대근력은 최대의 힘을 발휘하여 특

정의 저항성 운동을 1회 반복할 수 있는 최대부하량(1RM)을 의미하는 것으로 11종의 등장성 웨이트 머신을 이용하여 최대부하량(1RM)을 측정하였으며, 운동 강도의 설정은 비 훈련자들에게 적합한 간접측정 방식[17]을 사용하였다. 중년여성이라는 점을 고려하여 40%~60% 1RM의 무게를 사용하였으며, 저항운동프로그램에 대한 신체적응을 위하여 1-4주는 2set, 5-12주는 3set을 실시하였다. 자세한 저항성 운동 프로그램은 Table 3과 같다.

Table 3. Resistance exercise program

This Experiment	
Frequency	Mon · Wed · Fri, 09:00am
Intensity	40~60% 1RM
Time	Warm-up/10min, Main Movement/40min, Cool-Down/10min
Monday	Chest press, Bench press, Pec Deck fly, Cable Seated Row, Lat Pulldown
Wednesday	Leg press(Power), leg extension, leg curl, Squat, Sited calf raise
Friday	Should press, side, front, back later raise, Sited Arm Curl

2.2.2 유산소 운동 프로그램 측정 방법

본 연구의 대상자가 평소 운동에 참여하지 않았던 중년여성임을 고려하여 운동 강도는 60-70%HRmax, 운동 지속 시간은 40분으로 Borg의 운동자각도(RPE:rate of perceived exertion) 12-16등급을 적용하였고 운동 중 강도조절은 피험자의 운동자각도(RPE)를 기준으로 하였다. 걷기 운동 시 속도는 4.5km/h-6.5km/h로 중년여성인 점을 고려하여 실시하였다[18]. 운동내용은 트레드밀에서 걷기 위주로 실시하였고 운동프로그램은 피검자의

Table 4. Aerobic exercise program

This Experiment	
Frequency	Mon · Wed · Fri, 09:00am
Intensity	60~70%HRmax
Time	Warm-up/10min, Main Movement/40min, Cool-Down/10min.
Type	Treadmill Walking

개별성을 고려하여 실시하였다. 자세한 유산소 운동 프로그램은 Table 4와 같다.

2.2.3 유연성 운동 프로그램 측정 방법

본 연구의 유연성운동 프로그램은 혈관탄성도의 개선 효과를 나타낸 연구[19], 자율신경계의 개선 효과를 나타낸 연구[20], 그리고 혈압 감소의 효과를 나타낸[21]의 연구를 취합 및 수정하여 15개 동작으로 구성된 프로그램으로 편성하였으며, 미국스포츠의학회의 권고사항을 참고하여 운동시간을 수정하였다[18]. 각 동작 당 10초 또는 60초간 2회 실시하였으며 총 운동시간은 40분이다. 자세한 유연성 운동 프로그램은 Table 5와 같다.

Table 5. Flexibility exercise program

This Experiment	
Frequency	Mon · Wed · Fri, 09:00am
Intensity	10-60/s/set, 2set
Time	Warm-up/10min, Main Movement/40min, Cool-Down/10min
Type	- Overhead arm stretch - Shoulder extension stretch - Head to knee stretch (two leg) - Head to knee stretch (one leg) - Hip Stretch - Adductor Stretch - Lower back stretch - Neck forward/back Stretch - Lumbar Flexion Stretch - Lying hamstring stretch - Lumbar Extentension and abdominal stretch - Quardiceps stretch - Straddle Stretch - Calf Stretch

2.2.4 혈액 분석 방법

본 연구에서의 혈액 측정 항목을 위한 채혈은 실험 전, 처치 12주 후 모든 피험자들에게 저녁 9시 이후부터 공복 상태를 유지하도록 하였으며 12시간 이상의 공복상태가 되는 오전 9~10시 사이에 실시하였으며 전문 임상병리사의 도움을 받아 1회용 주사기를 이용하여 상완정맥에서 10ml를 채취하였다. 이후 검체를 세워 30분간 실온에 보관하였으며, 원심분리기(3,000rpm, 10분)를 이용하여 분리된 상층액을 혈청 분리관에 옮겨 액화질소로 급속 냉각 시킨 뒤 분석 전까지 -80°C 냉동고에서 보관하였다. 염증지표인 아디포넥틴(Adiponectin)은 Human Total Adiponectin/Acrp30 Quantikine ELISA를 사용하였으며, 혈중 C-반응성 단백질(CRP: C-reactive protein)은 Human C-Reactive Protein/CRP Quantikine ELISA

Kit를 사용하였다. 또한 인터루킨-6(IL-6)은 Human IL-6 Quantikine ELISA Kit를 사용하였으며 면역방사측정법(Immunoradiometric Assay: IRMA)으로 분석·실시하였다. 혈관내피성장인자인 VEGF는 Human VEGF Quantikine ELISA Kit를 사용하였으며, 면역방사측정법(Immunoradiometric Assay: IRMA)으로 분석·실시하였다.

2.2.5 자료처리

본 연구의 자료처리는 SPSS PC⁺ for window(version 27.0)통계 프로그램을 사용하여 분석하였다. 본 연구의 자료 분석은 모든 자료의 기술통계량을 제시하기 위해 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였으며, 세 집단 각 그룹의 시기에 따른 평균 차 검증을 위하여 반복측정이원분산 분석(Two-way repeated measures ANOVA)을 실시하여 그룹 간, 시기별 주 효과 및 그룹과 시기 간 상호작용이 있는지 알아보았다. 또한, 상호작용효과가 유의할 시각 그룹 간 사후검증을 실시하였다. 모든 통계적 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1 혈액의 변화

본 연구는 중년여성을 대상으로 12주간 운동 형태에 따른 혈액의 변화에 미치는 영향을 규명하고자 실시한 결과는 Table 6과 같다.

3.1.1 Adiponectin의 변화

Adiponectin에 대한 운동 형태에 따른 그룹의 평균을 살펴보면, 사전 $63.48 \pm 49.45 \mu\text{l/ml}$, 12주 후 $64.32 \pm 49.42 \mu\text{l/ml}$ 로 나타났으며, 저항성 운동 그룹은 사전 $88.00 \pm 72.84 \mu\text{l/ml}$, 12주 후 $87.72 \pm 74.77 \mu\text{l/ml}$, 유산소 운동 그룹은 사전 $47.94 \pm 31.52 \mu\text{l/ml}$, 12주 후 $35.75 \pm 18.32 \mu\text{l/ml}$, 유연성 운동 그룹은 사전 $54.51 \pm 30.11 \mu\text{l/ml}$, 12주 후 $69.57 \pm 26.60 \mu\text{l/ml}$ 로 나타났다. Two-way repeated measures ANOVA 분석 결과 시기, 그룹에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한 시기×그룹의 상호작용 효과에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 6. Two-way repeated ANOVA about the change of blood lipid

Variables	Group A(n=6)	Group B(n=6)	Group C(n=6)		SS	df	MS	F	P	
Adiponectin	Pre	88.00±72.84	47.94±31.52	54.51±30.11	T	6.725	1	6.725	0.036	0.853
					G	12766.970	2	6383.485	1.443	0.267
	Post	87.72±74.77	35.75±18.32	69.57±26.60	T×G	1120.413	2	560.206	2.966	0.082
CRP	Pre	12.01±9.60	25.81±15.87	13.97±13.35	T	394.426	1	394.426	6.879	0.019*
					G	1167.939	2	583.970	1.456	0.264
	Post	10.39±21.45	19.83±15.26	6.69±7.28	T×G	38.477	2	19.238	0.336	0.720
IL-6	Pre	-9.09±0.59	-9.09±0.59	-9.00±1.18	T	3.000	1	3.000	10.767	0.005*
					G	2.501	2	1.251	1.190	0.331
	Post	-9.64±0.63	-8.94±0.68	-8.81±0.98	T×G	1.042	2	0.521	1.870	0.188
VEGF	Pre	347.32±235.77	430.51±331.44	226.41±172.98	T	35161.375	1	35161.375	9.415	0.008*
					G	164036.735	2	82018.368	0.656	0.533
	Post	478.66±285.91	398.43±278.30	314.68±177.44	T×G	43045.115	2	21522.558	5.763	0.014*

*p<.05

Group A : Resistance Exercise

Group B : Aerobic Exercise

Group C : Flexibility Exercise

3.1.2 CRP(C-reactive protein)의 변화

CRP에 대한 운동 형태에 따른 그룹의 평균을 살펴보면, 사전 17.26±13.89mg/dl, 12주 후 12.30±15.81mg/dl 으로 나타났으며, 저항성 운동 그룹은 사전 12.01±9.60mg/dl, 12주 후 10.39±21.45mg/dl, 유산소 운동 그룹은 사전 25.81±15.87mg/dl, 12주 후 19.83±15.26mg/dl, 유연성 운동 그룹은 사전 13.97±13.35mg/dl, 12주 후 6.69±7.28mg/dl로 나타났다. Two-way repeated measures ANOVA 분석 결과 시기(F=6.879, p<.05)에서 유의한 차이가 나타났다. 그러나 시기×그룹의 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

3.1.3 IL-6(Interleukin-6)의 변화

IL-6에 대한 운동 형태에 따른 그룹의 평균을 살펴보면, 사전 -9.03±1.22pg/mL, 12주 후 -9.64±0.63pg/mL 으로 나타났으며, 저항성 운동 그룹은 사전 -9.09±0.59pg/mL, 12주 후 -9.64±0.63pg/mL, 유산소 운동 그룹은 사전 -9.09±0.59pg/mL, 12주 후 -8.94±0.68pg/mL, 유연성 운동 그룹은 사전 -9.00±1.18pg/mL, 12주 후 -8.81±0.98pg/mL로 나타났다. Two-way repeated measures ANOVA 분석 결과 시기(F=10.767, p<.05)에서 유의한 차이가 나타났다. 그러나 시기×그룹의 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

3.1.4 VEGF(Vascular Endothelial Growth Factor)의 변화

VEGF에 대한 운동 형태에 따른 그룹의 평균을 살펴보

면, 사전 334.75±254.74pg/mL, 12주 후 397.25±246.64pg/mL 으로 나타났으며, 저항성 운동 그룹은 사전 347.32±235.77pg/mL, 12주 후 478.66±285.91pg/mL, 유산소 운동 그룹은 사전 430.51±331.44pg/mL, 12주 후 398.43±278.30pg/mL, 유연성 운동 그룹은 사전 226.41±172.98pg/mL, 12주 후 314.68±177.44pg/mL로 나타났다. Two-way repeated measures ANOVA 분석 결과 시기(F=9.415, p<.05)에서 유의한 차이가 나타났다. 또한 시기×그룹(F=5.763, p<.05)의 상호작용 효과에서도 유의한 차이가 나타났다.

4. 논의

4.1 혈액의 변화

4.1.1 Adiponectin의 변화

규칙적인 운동 및 신체활동은 체지방률의 감소에 영향을 받아 Adiponectin의 농도가 증가하게 된다[22]. Adiponectin의 세가지 형태의 아형 중 Adiponectin의 비율로 인해 인슐린 저항성에 대한 개선적 측면을 예측할 수 있는 방안으로 제시되었다[23]. 따라서 본 연구의 결과로는 선행연구와 달리 운동 후 Adiponectin의 농도가 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 비만 성인을 대상으로 12주간 운동 프로그램에서 체중의 감소는 유의하였지만 Adiponectin의 농도 변화는 없었다는 결과와 일치한다 [24]. 또 Adiponectin은 고강도 유산소 트레이닝을 통해 유의한 차이가 있었다는 선행연구를 볼 수 있다[25]. Adiponectin의 농도 증가를 위해서는 본 연구와 대조적인 장기간 운동프로그램의 강도조절을 통하여 체중감량

을 하는 것이 Adiponectin 농도에 유의한 효과가 있을 것으로 사료된다.

4.1.2 CRP의 변화

CRP는 체내에서 분비되는 단백질 중 하나로, 감염과 부상 등이 발생하는 혈관의 염증반응으로 농도가 일시적으로 상승하면서 면역체계가 활발한 활동을 개시하게 된다. 또한 조직 괴사 및 염증 질환 등에서 증가하는 혈장 단백질 중의 하나로, 관상동맥질환의 강력한 예후인자라고 알려져 있다[26].

특히 중년여성의 인슐린 저항성과 혈관염증지표인 CRP의 수치를 높일 수 있는 지표로 감소된 체력을 이야기할 수 있으며 신체활동 수준이 높을수록 CRP가 감소된다고 보고하였다[27]. 16주간 요가참여 후 혈당수치와 혈중지질 성분이 유의한 변화를 보고하였다. 한편 CRP와 유산소운동프로그램에 대한 선행연구들에 의하면 유산소운동프로그램 후 일반 남성의 경우 CRP 농도를 감소시켰다고 보고하였다[28]. 또한 운동 강도에 따라 차이가 있으나 중강도 운동 수준에서 CRP 수치의 유의한 감소가 있었다고 하였다[29]. 이는 본 연구를 통하여 유의하지는 않았으나 요가운동 후 연구와 동일한 중강도 수준의 운동 강도를 설정 후 사전 대비 사후의 긍정적인 감소 효과를 보였다[29]. 결국 대부분의 연구에서는 운동의 형태에 관계없이 운동으로 CRP의 수치를 감소시킨다는 결과들이다. 하지만 걷기 운동과 유사한 낮은 강도의 연구에서는 CRP 수준과 유의한 차이가 없었다는 연구 결과와 본 연구결과를 비교하면 운동의 강도 및 신체활동의 문제가 CRP 농도에 영향을 미칠 것임을 예상해 볼 수 있다[30].

따라서 본 연구에서의 CRP농도에서 상호작용의 효과는 유의하지 않았으나, 시기에서의 주효과가 긍정적인 변화를 보인 것은 향후 생활습관의 통제와 보다 높은 운동 강도의 설정을 통하여 효과 및 변화를 확인하는 연구 진행이 필요할 것으로 사료된다.

4.1.3 IL-6의 변화

중년여성에게 있어 혈청 IL-6의 발생은 TNF- α 처럼 비만, 염증, 근감소 등에 대한 지표로, 비만 발생 시 근육량의 상대적 감소 및 근력 저하 현상을 나타내고, 비만 그룹은 정상체중 그룹보다 혈청 IL-6 농도가 높아 근육량보다 지방량과 관련성이 있는 것으로 보고되었다[31]. 운동에 의해 대사율이 증가하면 국소적인 체내 저산소증을 유

발시켜, 세포 내산소 분압이 감소됨에 따른 보상기전으로 골격근 내의 VEGF mRNA 수준을 향상시키고 혈관성장인자(VEGF)의 발현을 증가시켜, 혈관의 신생을 통해 근육 및 조직으로의 모세혈관 밀도를 높인다[32].

선행연구와 본 연구의 결과를 연관 지어 생각해 보면, 본 연구에서는 운동 형태별 중강도의 운동을 실시하였으나 IL-6 발현의 역치수준에 미칠 정도의 국부적 저산소 현상이 발생하지 않았을 수 있다고 사료된다. 유연성운동의 경우는 저강도 운동이며 운동의 형태가 근육과 관절의 이완, 호흡을 사용하는 스트레칭 운동의 특수함으로 운동 강도의 조절이 용이하지 않아 강도의 상승을 가질 수 없었다. 이러한 이유로 IL-6의 발현이 생기지 않았을 것으로 보인다. IL-6는 특히 혈관의 내피기능 및 혈관형성과 밀접한 관계가 있으며, 규칙적인 운동은 혈관벽의 탄성을 강화시키고, 혈류량을 증가시킴으로써, 체내 조직으로의 산소 공급 및 물질교환을 증가시킨다. 그러나 본 연구의 대상자가 중년여성이었으므로 12주간의 운동을 통해 혈관 기능을 개선하는 데는 다소 짧은 기간이었을 수 있다고 생각되며, 좀 더 장기적인 운동기간과 높은 운동강도의 프로그램이 더욱 효과적일 것으로 사료된다. 운동에 의해 IL-6의 발현이 증가되었다라도 조직으로 흡수되어 안정 시 혈청 수준에는 반영되지 못하였을 수 있다.

따라서 본 연구에서의 IL-6 농도에서 상호작용의 효과는 유의하지 않았으나, 시기 효과에서의 긍정적인 변화는 추후 연구에서 중년여성을 대상으로 운동강도를 고려하여 아디포카인 및 신호전달에 관여하는 인자들의 변화를 함께 살펴볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

4.1.4 VEGF의 변화

중년여성의 건강한 삶을 영위하기 위한 방법은 건강관리가 무엇보다 중요하다. 미국스포츠의학회에서는 중년 여성의 건강과 유지 그리고 증진을 위하여 규칙적으로 중강도 유산소성 운동을 권장하고 있다[18].

운동은 신경세포의 성장인자들을 조절하는 비약학적인 방법 중 하나이며, 성장인자들의 발현을 통하여 신경세포의 변화를 가져온다[33]. 특히 혈관내피 성장인자(VEGF)는 해마의 신경가소성의 유발을 유도하는 핵심 단백질로 분류되며 유산소 운동에 의하여 증가되는 것을 알 수 있다[34]. 또한 일회성 또는 장기간 운동에 의한 요소에 의하여 VEGF 단백질의 발현은 운동강도가 높을수록 더욱 증가하는 경향이 나타났다고 보고한 연구들을 통해

혈중 VEGF의 농도는 운동강도와 아주 밀접한 관련을 지을 수 있으며, 이 연구에서 중강도로 실시한 운동은 VEGF의 농도가 증가되었음을 알 수 있다[35]. 따라서 본 연구에서의 VEGF농도는 시기의 주효과 및 상호작용의 효과에서 유의한 차이를 나타냈으며 VEGF의 긍정적인 변화는 향후 운동의 형태와 높은 강도의 설정을 통하여 효과 및 변화를 확인하고자 하는 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

5. 결론 및 제언

본 연구의 결과로 12주간 중년 여성들에게 적용한 운동 형태별 운동 프로그램은 제한된 사회참여와 신체 활동 및 호르몬의 변화 등으로 신체적인 부분에 많은 변화를 겪고 있는 중년여성들의 혈액 변인에서 아디포넥틴을 제외한 CRP, IL-6 및 VEGF의 운동 효과에서 긍정적인 변화의 결과를 확인할 수 있었다. 후속 연구를 통하여 보다 자세한 연구가 진행되어야

하겠지만, 본 연구에서의 제한점으로 제시하였던 피험자들의 신체활동 외의 환경적 요인과 식습관, 운동강도에 대한 변화된 운동프로그램을 적용한 연구가 필요할 것이라 사료된다. 그 중 코로나-19(COVID-19) 대응 사회적 거리두기 정책 도입으로 인한 통제(식이, 생활환경 등)가 이루어지지 않은 것이 중요한 원인 중 하나일 것으로 보이며, 본 연구대상자의 사례수가 적음을 시사하여 오염변수가 있었을 것으로 판단된다. 추후 사례수를 늘려 후속 연구를 진행하는 것도 의미미할 것으로 사료된다. 마지막으로 본 연구의 결과를 토대로 관련 분야의 다각도적 연구와 개선을 위한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

REFERENCES

[1] Statistics Korea(2021). 2020 demographics.
 [2] N. S. Kim. (2002). Effec of aerobic exercise on body composition, hematological parameters and bone density in elderly women over 65 years old. Doctoral dissertation. Kyunghee University.
 [3] Y. B. Kim, H, K. Kim, M. Kim. (2003). Characteristics of Health Promotion Behavior and Health Belief of Women by Body Mass Index. *The Korean Journal of Growth and Development*, 11(3), 45-55.

[4] G. D. Kim, G. S. Han. (2019). The Effects of Sling and Gyrotonic Exercise on Extension Strength, Ratio of Flexion / Extension, VAS changes in Middle-aged Female Patients of Low Back Pain. *The Korean Society of Sports Science*, 28(5), 811-822.
 DOI : 10.35159/kjss.2019.10.28.5.811
 [5] W. J. Jun(2011). Health Related Characteristics and Eating Habits of Middle-aged Woman according to the Degree of Obesity. master dissertation. Wonkwang University.
 [6] C. M. Friedenreich, H. K. Neilson, C. G., Woolcott, A. McTiernan, Q. Wang, Ballard-Barbash R & M. L. Irwin. (2011). Changes in insulin resistance indicators, IGFs, and adipokines in a year-long trial of aerobic exercise in postmenopausal women. *Endocrine related cancer*, 18(3), 357-369.
 DOI : 10.1530/ERC-10-0303
 [7] T. Ronti, G. Lupattelli., & E. Mannarion. (2006). The endocrine function of adipose tissue: an update. *Clinical endocrinology*, 64(4), 355-365.
 DOI : 10.1111/j.1365-2265.2006.02474.x
 [8] A. Festa, D'Agostino, G, Howard, L. Mykkanen, R. P. Tracy., & S., M. Haffner. (2000). Chronic subclinical inflammation as part of the insulin resistance syndrome: The insulin resistance atherosclerosis study (IRAS). *Circulation* 102: 42-47. DOI : 10.1161/01.CIR.102.1.42
 [9] S. J. Lim. (2011). The effect of 8 Weeks Combined Exercise Training of Obese Middle Age Women on Risk Factors of Metabolic Syndrome, Hormone Related with Obesity, and CRP. master dissertation. Kyungnam University.
 [10] N. Pannacciulli, F. P. Cantatore, A. Minenna, M. Bellacicco, R. Giorgino & G. D. Pergola. (2001). C-reactive protein is independently associated with total body fat, central fat, and insulin resistance in adult women. *International Journal of Obesity*, (25): 1416-20.
 [11] J. P. Bastaed, M. Maachi, C. Lagathu. (2006). Recent advances in the relationship between obesity, inflammation, and insulin resistance. *Eur Cytokine Netw*, 17(1), 4-12.
 [12] R. R. Pate. (1988). The elevating definition of physical fitness. *Quest*, 40, 174-179.

- [13] A. P. Goldberg & D. S. Elliot. (1987). Aerobic and resistive exercise modify risk factors for coronary heart disease. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 21, 669-674.
DOI : 10.1249/00005768-198912000-00008
- [14] D. W. Leung, G. Cachianes, W. J. Kuang, D. V. Goeddel & N. Ferrara. (1989). Vascular endothelial growth factor is a secreted angiogenic mitogen. *Science*, 246(4935), 1306-1309.
DOI : 10.1126/science.2479986
- [15] P. Sarto, E. Balducci, G. Balconi, F. Fiordaliso, L. Merlo, G. Tuzzato & G. Azzarello. (2007). Effects of exercise training on endothelial progenitor cells in patients with chronic heart failure. *Journal of cardiac failure*, 13(9), 701-708. DOI : 10.1016/j.cardfail.2007.06.722
- [16] M. Heil, I. Eitenmuller, T. Schmitz Rixen, & W. Schaper. (2006). Arteriogenesis versus angiogenesis: similarities and differences. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 10(1), 45-55.
DOI : 10.1111/j.1582-4934.2006.tb00290.x
- [17] S. J. Fleck & W. L. Kramer. (1987). Designing resistant training program. *Human Kinetics*.
- [18] American College of Sports Medicine. (2021). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription(11th ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- [19] C. Cortez, M. Maria, E. D. Allison, B. V. Daria, N. C. Jill, T. Hirohumi. (2008). The effects of strength training on central arterial compliance in middle-aged and older adults. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 15(2), 149-155.
DOI : 10.1097/HJR.0b013e3282f02fe2
- [20] Farinatti, P., Brandao, C., Soares, P., Duarte, A. (2011). *J Strength Cond Res*, 25(6), 1579-1585.
- [21] J. H. Yoon. (2016). The Effects of Acute Flexibility Exercise on Arterial Stiffness and Autonomic Nervous System in Middle Aged Women. master dissertation. University of Seoul.
- [22] T. Jurimae, T. Hurbo & J. Jurimae. (2009). Relationship of handgrip strength with anthropometric and body composition variables in prepubertal children. *Journal HOMO of Comparative Human Biology*, 60(3): 225-538.
DOI : 10.1016/j.jchb.2008.05.004
- [23] Y. Aso, R. Yamamoto, S. Wakabayashi, T. Uchida, K. Takayanagi & K. Takebayashi. (2006). Comparison of Serum High-Molecular Weight (HMW) Adiponectin With Total Adiponectin Concentrations in Type 2 Diabetic Patients With Coronary Artery Disease Using a Novel Enzyme-Linked Immunosorbent Assay to Detect HMW Adiponectin. *Diabetes*, 55(7), 1954-1960.
DOI : 10.2337/db05-1525
- [24] J. Polak, E. Klimcakova, C. Moro, N. Viguerie, M. Berlan, J. Hejnova, B. Richterova, I. Kraus, D. Langin & V. Stich. (2006). Effect of aerobic training on plasma levels and subcutaneous abdominal adipose tissue gene expressin of adiponectin, leptin, interleukin 6, and tumor necrosis factir alpha in obese women. *Metabolism*, 55(10), 1375-1381.
DOI : 10.1016/j.metabol.2006.06.008
- [25] V. Pasceri, J. S. Cheng, J. T. Willerson, E. T. Yeh & J. Chang. (2001). Modulation of C-reactive protein-mediated monocyte chemoattractant protein-1 induction in human endothelial cells by anti-atherosclerosis drugs. *Circulation*. 29: 103(21), 2531-2534.
DOI : 10.1161/01.CIR.103.21.2531
- [26] P. M. Ridker, N. Rifai & N. R. Cook (2002). Comparison of C-reactive protein and low-density lipoprotein cholesterol levels in the prediction of first cardiovascular events. *N. Engl. J. Med.*, 14:347(20), 1557-1565.
DOI : 10.1056/NEJMoa021993
- [27] J. L. Abramson & V. Vaccarino. (2002). Relationship between physical activity and inflammation among apparently healthy middle-aged and olderUS adults. *Arch. Int. Med.*, 162: 1286-1292. DOI : 10.1001/archinte.162.11.1286
- [28] E. P. Plaisance & P. W. Grandjean. (2006). Physical activity and high-sensitivity C-reactive protein. *Sports medicine*, 36(5), 443-458.
- [29] K. Y. Baek. (2008). The effect of different exercise intensity on the blood pressure and inflammatory markers change in pre-hypertension leveled male. Doctoral dissertation. Chonnam University.
- [30] J. H. Lee. (2009). Association of volume of walking exercise with BMD, TC/HDL-C ratio, and CRP in young female. *The Korean Society*

of *Sports Science*, 18(3), 1075-1084.

- [31] E. S. An. (2009). Effects of interleukin-6 gene polymorphism on improvements in chronic inflammation marker, obesity indices, and cardiovascular fitness following regular aerobic exercise training in mid-life women. *National Research Foundation of Korea*. 1-22.
- [32] J. W. Park, J. B. Park, E. H. Lee, J. C. Kim. (2003). Serum VEGF protein at different exercise intensities. *Korean journal of physical education*, 42(3), 589-595.
- [33] Maass, A. et al. (2016). Relationships of peripheral IGF-1, VEGF and BDNF levels to exercise-related changes in memory, hippocampal perfusion and volumes in older adults. *Neuroimage*, 131, 142-154.
DOI : 10.1016/j.neuroimage.2015.10.084
- [34] W. S. Ho. (2021). Effects of Barefoot Walking Exercise on Female Hormone, Brain Nerve Growth Factors and Immunoglobulins in Postmenopausal Women. Doctoral dissertation. Korea National University of Education.
- [35] M. E. Afzalpour, H. T. Chadorneshin, M. Foadoddini & H. A. Eivari. (2015). Comparing interval and continuous exercise training regimens on neurotrophic factors in rat brain. *Physiology & behavior*, 147, 78-83.
DOI : 10.1016/j.physbeh.2015.04.012

어 경 태(KyungTae Eo)

[정회원]



- 2015년 2월 : 한양대학교 체육학과 (체육학사)
- 2017년 2월 : 한양대학교 체육학과 (체육학석사)
- 2019년 2월~현재 : 한양대학교 스포츠과학과(박사수료)

- 관심분야 : 운동생리학, 운동처방, 육상
- E-Mail : djrudxo@hanyang.ac.kr

조 인 혜(Inhye Cho)

[정회원]



- 2015 2월 : 순천향대학교 연구무용학과 (예술학사)
- 2022년 2월 : 한양대학교 스포츠과학과 (체육학석사)
- 2022년 2월~현재 : 한양대학교 스포츠과학과 박사과정

- 관심분야 : 운동생리학, 운동처방, 요가, 필라테스
- E-Mail : choinhye123@gmail.com

곽 동 민(Dongmin Kwak)

[정회원]



- 2002년 2월 : 성균관대학교 스포츠과학과(체육학사)
- 2006년 8월 : 성균관대학교 스포츠과학과(체육학석사)
- 2015년 6월 : University of Minnesota(Ph.D.)

- 2020년 9월~현재 : 한양대학교 스포츠과학부 조교수
- 관심분야 : 운동생리학, 운동처방, 스포츠의학
- E-Mail : dmkwak@hanyang.ac.kr