

복합운동이 고령여성의 혈중 염증인자, DHEA-s 및 동맥경직도에 미치는 영향

하수민* · 김정숙 · 김지현 · 김도연†

부산대학교 체육교육과

(2018년 11월 30일 접수: 2018년 12월 14일 수정: 2018년 12월 17일 채택)

Effects of combined exercise on the blood inflammatory factors, DHEA-s and arterial stiffness of elderly women

Soo-Min Ha* · Jung-Sook Kim · Ji-Hyeon Kim · Do-Yeon Kim†

Department of Physical Education, Pusan National University, Busan, Korea

(Received November 30, 2018; Revised December 14, 2018; Accepted December 17, 2018)

요약 : 본 연구는 만 70~85세의 고령여성을 대상으로 주 1회 아쿠아로빅과 주 2회 맨손근력운동을 실시하는 복합운동프로그램을 12주간 적용하여 혈중 염증인자, DHEA-s 및 동맥경직도에 미치는 영향을 구명하기 위하여 운동군 21명, 대조군 21명으로 구분하여 실시하였다. 1회 운동지속시간은 60분으로 4주간격으로 운동강도를 점진적으로 증가시켜 실시하였다. 복합운동 전과 후에 측정된 자료의 상호작용 효과 검증을 위해 이원반복측정 분산분석을 실시하였고, T검정을 사용하여 사후분석을 하였으며, 유의수준은 .05로 설정하여 분석하였다. 그 결과 12주간의 복합운동은 고령여성의 염증반응을 감소시켰으며, DHEA-s가 증가함에 따라 노화호르몬에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 동맥경직도는 중심동맥혈압(수축기, 이완기)이 감소하였고, 맥압 및 파형증가지수의 증가를 완화하였으며, 맥파전파속도를 감소시키는 것으로 나타났다. 이상의 결과 고령여성의 건강한 노화와 장수를 위해서 항염증, 노화호르몬의 개선 및 혈관건강의 역할로 규칙적이고 지속적인 복합운동이 권장 될 수 있을 것으로 사료된다.

주제어 : 복합운동, 고령여성, 염증인자, DHEA-s, 동맥경직도

Abstract : The purpose of this study was to investigate the effects of combined exercise on blood inflammatory factors, DHEA-s and arterial stiffness in elderly women. The subjects were 42 elderly females volunteers, aged 70 to 85 years, composed of the combined exercise group ($n=21$) and control group ($n=21$). The 60 minute combined exercise program(aquarobics 1 time/week, strength exercise 2 times/week) was performed 3 times per week for 12 weeks, and the intensity

†Corresponding author
(E-mail: kdy4955@pusan.ac.kr)

was progressively increased every 4 weeks(1-4 weeks: RPE 12 to 13, 5-8 weeks: RPE 13 to 14, 9-12weeks: RPE 14 to 15). The test data were analyzed by two-way repeated measures ANOVA, paired *t*-test, independent *t*-test and the alpha level of .05 was set for all tests of significance. As a result, the combined exercise for 12 weeks reduced the inflammatory response of elderly women, and DHEA-s was found to have a positive effect on aging hormone. The arterial stiffness decreased the central arterial blood pressure (systolic and diastolic), prevented the increase of the pulse pressure and the wave increase index, and decreased the pulse wave velocity. These results suggest that regular and continuous combined exercise may be recommended for the healthy aging and longevity of elderly women by inducing anti-inflammation effect and improving the aging hormonal function and the vascular health.

Keywords : combined exercise, elderly women, inflammatory factors, DHEA-s, arterial stiffness

1. 서론

우리나라는 고령화와 평균수명의 증가로 인해 질병유병률이 증가하고 있으며[1], 급성심근경색, 뇌졸중 등의 심뇌혈관질환은 우리나라 전체 사망원인의 24.3%를 차지하고 있다. 심뇌혈관질환은 노년층에서 많이 나타나는 질환으로 인구고령화에 따른 사회적 부담이 지속적으로 커질 것으로 예상된다[2]. 또한 경제수준이 향상되고 산업화되면서 식습관의 변화와 신체활동량의 감소는 이상지질혈증, 고혈압 등의 위험을 증가시킨다. 고혈압은 그 자체로도 중요한 혈관질환이지만 관상동맥질환, 뇌졸중, 말초혈관질환 등 더욱 심각한 심혈관질환의 원인이 된다[3]. 이러한 심혈관질환의 발병은 혈중 콜레스테롤수치 상승과 염증관련 지표 증가로 혈관내벽 염증에 의해 유발되며, 심근경색 및 뇌졸중의 급성 합병증을 초래한다[4]. 즉, 심혈관질환은 평생에 걸쳐 진행되는 만성질환으로 잘못된 식이습관과 운동부족이 원인이며, 생활습관의 변화를 통해 예방이 가능하다[5].

혈관염증인자들인 백혈구(white blood cell; WBC), C-반응성 단백(C-reactive protein; CRP) 그리고 피브리노겐(fibrinogen)은 관상동맥질환을 일으키고, 관상동맥질환의 진전은 혈관의 염증 진행과정이 시작되는 것이라고 할 수 있다[6]. CRP는 혈액 내 염증반응 및 세포 조직대사의 비 특이적 반응에 의해 증가하는 물질로 각종 염증반응과 질병의 활성도를 측정하는 기준이 되며, 심혈관질환을 예측하는 대표적인 지표이다[7]. WBC 수치는 심장질환 또는 뇌졸중 등으로 인한 사망위험을 예측할 수 있으며, 높은 WBC

수치를 가진 폐경기여성은 관상동맥질환으로 인한 사망위험이 두 배 높다[8]. Fibrinogen 역시 심혈관계 질환의 위험과 양의 상관관계가 있으며[9], 이러한 염증인자는 혈액을 응고시켜 혈전을 생성하게 함으로써 혈관손상을 유발하게 되어 결국 죽상동맥경화를 초래한다[10].

노화가 진행 될수록 낮은 수준의 염증이 만성적인 형태로 나타나게 되지만, 규칙적인 운동은 근육량의 증가와 심장 및 대사질환에 대한 위험을 낮추어 줌으로써 고령자에게 권장되고 있다[11]. 신체활동의 수준이 높을수록 심혈관질환의 위험인자인 CRP, WBC, fibrinogen 수치가 낮게 나타나 고령자에게 있어 신체활동량의 증가는 염증 감소와 관련이 있으며[12], 정기적인 신체활동은 심혈관질환으로 인한 사망 위험률을 30% 감소시키는 것으로 보고된다[13].

노인의 경우 유산소운동 이외에도 노화로 인한 근육 감소와 근 기능 상실을 보완하기 위해 저항운동이 효과적이며[11], American College of Sports Medicine(ACSM)에서도 심폐기능의 개선과 신진대사이상 감소, 근력 및 기능적 능력의 향상을 위해 유산소운동과 저항운동을 복합적으로 실천할 것을 권장한다[14]. 수중에서의 운동은 물속에서의 자연적인 저항력으로 근육을 강화시키고, 에너지 소비를 증가시킨다. 물의 부력은 중력을 완화하여 근육이나 관절부상 위험을 줄이며, 넓은 가동 범위의 운동을 가능하게 한다[15]. 따라서 수중운동은 육상에서의 운동에 대한 안전하고 효과적인 대안으로 간주된다[16].

한편, 노화과정에서 테스토스테론(testosterone), 에스트라디올(estradiol), 디하이드로에피안드로스

테론 황산염(Dehydroepiandrosterone sulfate: DHEA-s)등의 신진대사 호르몬의 감소가 나타나며, 이러한 원인으로 근육기능의 감소, 척수 운동 신경세포의 소실로 인한 신체적 기능 감퇴 및 운동장애가 나타난다. DHEA-s는 성인이 되면 점차 감소하기 시작하여 70~80세에 젊은 성인의 10~20%에 불과하게 된다[17]. 즉, DHEA-s의 감소는 노화의 원인이며, 노화호르몬으로 해석 될 수 있다.

부신의 프로 호르몬인 DHEA와 DHEA-s는 성 스테로이드의 전구물질로 안드로겐의 가장 중요한 공급원이면서, 골격근의 발달과 기능에 영향을 줄 수 있어 성인 여성에게 매우 중요하다[18]. 높은 염증 수준을 가질수록 DHEA-s의 낮은 수치를 나타내고, 염증인자의 축적은 곧 근육 강화 호르몬을 감소시켜 근육의 감소를 악화시킬 수 있다[19]. 또한 고령자들에게 있어 낮은 DHEA-s 수준은 혈관질환의 노출과 함께 사망률을 높이는 것으로 보고되며[20], DHEA-s와 심혈관질환으로 인한 사망과의 연관성이 죽상동맥경화와 관계가 있음을 시사하였다[21].

동맥경화는 심혈관질환의 일반적인 위험 요소로 노화의 특징이며, 죽상동맥경화, 이상지질혈증, 당뇨병을 비롯한 많은 병리학적 상태와 밀접한 관련이 있다[22]. 높은 수준의 수축기 혈압(systolic blood pressure; SBP)은 좌심실부하를 증가시켜 심장비대를 유발하고, 이완기 혈압(diastolic blood pressure; DBP)의 감소로 인해 심근 허혈에 영향을 준다. 정상적인 혈압의 유지 는 동맥경화를 감소시킬 수 있으며, 심박수 75 bpm으로 보정한 파형증가지수(AIx@75)와 맥파 전파속도(pulse wave velocity; PWV)는 죽상 동맥경화의 혈관조직 변화를 알 수 있는 지표이자 심혈관질환 및 사망률을 예측할 수 있는 인자이다[23].

나이가 증가함에 따라 맥압과 대동맥 경직이 증가하며[24], 혈관의 탄력성이 저하되고, 내피세포의 기능저하 및 혈관벽의 두께 변화 등으로 인해 동맥경직도를 증가시켜 심혈관질환의 위험을 높인다[25]. 심혈관질환 위험인자가 없는 건강한 노인이라도 노화에 따른 동맥경직도가 증가하고 [26, 27], 건강한 성인 역시 연령의 증가와 함께 경동맥 내중막의 두께가 증가됨이 나타났다[28]. 즉, 노화는 동맥의 구조 변화와 기능 저하를 가져오며 심혈관계 질환의 위험도를 증가시키는데, 유산소성 운동은 노화로 인한 혈관구조의 변화

및 기능의 약화에 따른 심혈관질환 발생의 위험성을 감소시킬 수 있을 것이다[29].

이에 평소 규칙적인 운동을 하지 않는 고령여성을 대상으로 아쿠아로빅과 맨손근력운동으로 구성된 복합운동프로그램을 통해 혈중 염증인자와 DHEA-s 및 동맥경직도에 미치는 영향을 구명함으로써 노화로 인한 만성염증, 노화호르몬 및 동맥경직의 개선을 위한 방법으로 복합운동을 평가하는데 있으며, 나아가 노인들의 건강하고 행복한 삶을 위해 효과적인 운동방법을 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구는 K시에 거주하고 있는 만 70~85세의 고령여성을 대상으로 최근 6개월간 규칙적인 운동을 하지 않고, 보조기구의 사용 없이 독립 보행 및 신체 활동이 가능하며, 본 연구의 목적과 내용을 충분히 이해하고 자발적인 의사를 보인 자에 한하여 실험동의서에 자필 서명을 받아 참여하도록 하였다. 연구대상자 수는 표본 수 계산 프로그램 G-Power 3.1[30]을 사용하여 산출하였으며, $\alpha = .05$, power = 80%, effect size는 반복측정의 medium $f = 0.25$ 로 하여 total sample size는 총 34명으로 산출되었으나, 탈락률을 감안하여 복합운동군 25명, 대조군 25명, 총 50명을 모집하였다. 하지만 실험 도중 개인의 사정으로 인한 탈락 및 운동 참여율 저조 등의 사유로 복합운동군 21명, 대조군 21명 총 42명이 실험을 완료하였다. 연구대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

2.2. 측정항목 및 방법

2.2.1. 체격 및 신체조성

신장, 체중, BMI, 골격근량 및 체지방률은 간편한 복장을 착용한 후 X-SCAN PLUS II (JAWON Medical, Korea)를 이용하여 측정하였다.

2.2.2. 혈액분석

채혈은 10시간 이상 공복 상태를 유지하여, 채혈 당일 오전 8~9시에 전문 임상병리사에 의해

Table 1. Physical characteristics of subjects in each groups

Variables Group	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)	SMM (kg)	%BF (%)
Exercise (n=21)	75.62 ±4.68	153.18 ±5.76	55.29 ±7.33	23.52 ±2.51	19.74 ±1.91	32.45 ±6.17
Control (n=21)	75.41 ±4.10	148.46 ±4.10	53.92 ±7.07	24.49 ±3.23	18.79 ±2.18	34.04 ±6.82

Values are M±SD

BMI: body mass index, SMM: skeletal muscle mass, %BF: percent body fat

전완정맥에서 10 ml 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 원심분리기(Combi-514R, Hanil, KOR)로 15분간 3,000 rpm으로 원심 분리하였으며, N 의료재단에 의뢰하여 분석하였다. CRP는 Immunoturbidimetric assay로 high sensitivity-CRP를 분석하였고, WBC는 Flow Cytometry로 cell의 수를 측정하였다. Fibrinogen은 Clot Based assay를 이용하여 분석하였고, DHEA-s은 Radioimmunoassay(RIA)로 분석하였다.

2.2.3. 동맥경직도

동맥의 경직도를 파악하기 위한 중심동맥 혈압, 맥파분석 및 맥파속도의 측정은 바로 누운 자세로 5분간의 휴식 후 토노메트리 방식의 SphygmoCor system(AtCor Medical, Sydney, Australia)을 사용하여 비침습적으로 측정하였다. 대상자들은 측정 전 최소 12시간 전에 흡연, 카페인, 알코올 및 음식 섭취를 제한하였다. 중심동맥혈압(central arterial blood pressure), 평균 동맥압(mean arterial blood pressure: MAP), 맥압(pulse pressure: PP), 심박수 75 bpm/min으로 보정한 파형증가지수(augmentation index normalized to a heart rate of 75 bpm; AIx@75)는 요골동맥의 맥파 기록을 통해 측정되었고, 맥파전파속도(PWV)는 경동맥-요골동맥의 PWV를 측정하였으며, 이는 두 동맥의 지점간의 거리(D)를 맥파가 전이되는 소요시간(Δt)으로 나누어 구하는 방식이다($PWV=D/(\Delta t)$; m/sec).

2.3. 복합운동 프로그램

복합운동은 수중에서 이루어지는 아쿠아로빅(주 1회)과 체중을 이용한 맨손근력운동(주 2회)을 12주간 실시하였고, 운동강도는 ACSM[31]의

기준을 근거로 4주 간격으로 점진적으로 증가시켰으며, 구체적인 복합운동프로그램은 <Table 2>와 같다.

2.4 자료처리

본 연구의 자료처리는 SPSS ver 23.0을 사용하여 측정항목에 대한 평균값(M)과 표준편차(SD)를 산출하고, 각 그룹 간 운동 실시 전·후의 항목별 상호작용 효과 검증을 위해 two-way repeated measures ANOVA를 실시하였으며, *t*-test를 사용하여 사후분석을 실시하였다. 또한 각 그룹 간 프로그램의 효과를 분석하기 위해 사전-사후의 변화량을 산출하여 independent *t*-test를 실시하였다. 각 항목별 통계적 유의수준(α)은 .05로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구는 K시에 거주하고 있는 만 70~85세의 고령여성 42명을 대상으로 운동군($n=21$)과 대조군($n=21$)으로 분류하여 12주간 복합 운동 후 혈중 염증인자, DHEA-s 및 동맥경직도에 미치는 영향에 대해 알아보고자 실시하였다. 본 연구 결과는 다음과 같다.

3.1. 염증인자

염증인자에 대한 상호작용, 그룹 내 변화 및 그룹 간 차이를 분석한 결과는 <Fig. 1>에 나타난 바와 같다. CRP는 상호작용 효과($p<.01$)가 나타났고, 그룹 내 변화는 운동군이 0.58 ± 0.21 (mg/L)에서 0.41 ± 0.27 (mg/L)로 유의하게 감소하였으며($p<.05$), 대조군이 0.48 ± 0.22 (mg/L)에서 0.64 ± 0.30 (mg/L)로 유의하게 증가하였다

Table 2. Combined exercise program

Week	Order	Exercise type		Intensity	
		Aquarobics exercise (1 time/week)	Strength exercise (2 time/week)		
	Warm-up (10min)	Stretching Slow widely walking Bounce	Dynamic-stretching		
1-4	Main exercise (40min)	1. Jogging 2. Jumping jack 3. Cross Country 4. Pendulum 5. Side step and rock step	1. diamond press 2. sit-up 3. sphinx 4. clam 5. single leg lift 6. pointer 7. lunge 8. squat 9. elephant	40~50%HRR (RPE 12-13)	
5-8		6. Leg swing and curl 7. Soccer kick and Russian kick 8. Back kick 9. Leaping		50~60%HRR (RPE 13-14)	
9-12		10. Twist heel and toe 11. Jig 12. Aqua bar		60~70%HRR (RPE 14-15)	
		Cool-down (10min)	Bounce Slow widely walking Stretching	Static-stretching	

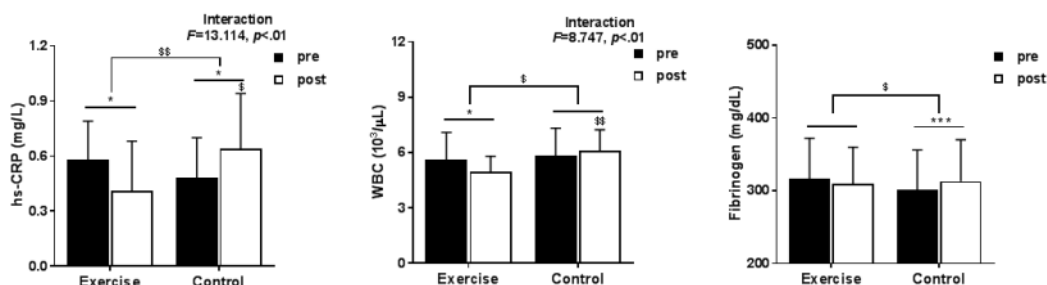


Fig. 1. Changes in blood inflammatory factors after 12-week combined exercise.
 * $p < .05$, *** $p < .001$; pre vs post, \$ $p < .05$, \$\$ $p < .01$; Exercise group vs Control group

($p < .05$). 그룹 간 차이는 12주 후($p < .05$), 변화 값($p < .01$)에서 유의한 차이가 나타났다. WBC는 상호작용 효과($p < .01$)가 나타났고, 그룹 내 변화는 운동군이 $5.59 \pm 1.50(10^3/\mu L)$ 에서 $4.94 \pm 0.86(10^3/\mu L)$ 로 유의하게 감소하였으며($p < .05$), 대조군은 $5.84 \pm 1.48(10^3/\mu L)$ 에서 $6.08 \pm 1.15(10^3/\mu L)$ 로 그룹 내 변화는 유의한 차이가 나타나지 않

았다. 그룹 간 차이는 12주 후($p < .01$), 변화 값($p < .05$)에서 유의한 차이가 나타났다. Fibrinogen의 그룹 내 변화는 운동군이 315.95 ± 56.33 (mg/dL)에서 309.43 ± 50.45 (mg/dL)로 그룹 내 변화는 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 대조군은 300.81 ± 55.26 (mg/dL)에서 312.86 ± 57.21 (mg/dL)로 유의하게 증가하였으며($p < .001$), 그룹

간 변화 값($p<.05$)에서 유의한 차이가 나타났다.

염증은 부적절한 식습관과 생활습관, 흡연, 고지혈증, 고콜레스테롤혈증, 고혈압, 자가면역 질환 등과 같은 여러 가지 위험 요인에 의해 유지 및 악화되고[32], 만성 염증상태는 노화 과정의 주요 특징이다[33]. 염증으로 유발되는 스트레스는 백혈구를 활성화시키고, 혈소판 및 트롬빈을 생성하며, 피브리노겐 생합성 촉진 등의 반응으로 적혈구를 응집시켜 혈전을 유발한다[10]. 따라서 혈관병변을 일으키는 모든 단계에서 큰 영향력을 미치며, 이로 인해 내피 세포 기능 장애를 일으켜 동맥벽을 손상시키게 된다[32].

한편, 운동 중재를 통한 염증감소의 선행연구로 12주간 대사증후군 노인들의 수중 및 지상운동 프로그램 참여 후 WBC, CRP, fibrinogen이 운동 참여전보다 유의하게 감소하였고[34], 요가 운동과 밴드운동 수행 후 염증지표의 유의한 감소가 나타나 긍정적인 효과를 보고한다[35]. 염증 지표와 다양한 형태의 운동 사이의 관계 연구에서 정기적으로 유산소운동을 하는 경우 염증수치 상승 가능성이 현저히 낮게 나타났다[36]. 또한 적당한 중강도의 저항운동은 중강도 유산소운동에 비해 항염증 과정에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고[37], 신체활동의 빈도가 높을수록 CRP, WBC, fibrinogen 수치가 낮아진다는 사실이 밝혀졌으며, 이러한 결과는 신체 활동이 염증의 낮은 수준과 관련 될 수 있음을 의미한다[38].

본 연구에서도 12주간의 복합운동 후 hs-CRP, WBC의 감소와 fibrinogen이 경감하는 결과가 나타나 운동으로 인한 항 염증상태로 해석되어지며, 신체활동이 낮은 고령자들에게 아쿠아로빅과 맨손근력운동이 염증수준을 완화시키는데 적절한 운동이라 생각된다. 나아가 노인기의 면역체계 강화 및 심혈관질환 위험을 낮추는데 도움을 줄 것으로 사료된다.

3.2. DHEA-s

DHEA-s에 대한 상호작용, 그룹 내 변화 및 그룹 간 차이를 분석한 결과는 <Table 3>에 나타난 바와 같다. DHEA-s는 상호작용 효과($p<.05$) 및 시기 간 주효과($p<.01$)가 나타났고, 그룹 내 변화는 운동군이 $46.32 \pm 20.56(\mu\text{g/dL})$ 에서 $54.57 \pm 21.93(\mu\text{g/dL})$ 로 유의하게 증가하였으며($p<.05$), 그룹 간 차이는 변화 값($p<.05$)에서 유의한 차이가 나타났다.

DHEA-s는 신체의 다양한 시스템에 영향을 주고, 노화를 방지하는 호르몬으로 제안되며[39], 높은 수준의 DHEA-s는 높은 근육의 힘과 골밀도를 비롯하여 항염증 및 면역조절 작용을 포함한 신체 기능과 관련이 있다[40]. 그와 반대로 낮은 DHEA-s는 androstenedione, testosterone, estrogen을 포함한 단백 동화 스테로이드의 감소에 기여한다[41].

한편, 운동은 고령화에 따른 신경 내분비계의 변화를 막고, 고령자의 면역 증진을 위한 중재로서 제안되어지고 있다[42]. DHEA-s는 유산소 운동[43]과 적당한 강도로 주기적으로 신체활동을 하는 노인[44]의 경우 높은 수준을 나타내는 것으로 보고된다.

본 연구에서도 12주간 복합운동 후 DHEA-s의 유의한 증가를 나타내었다. DHEA-s의 수치는 연령의 기준치 보다 낮은 경우 심혈관질환 사망률과 관련이 있으며[45], 높은 염증 수준을 가질수록 DHEA-s의 낮은 수치를 나타낸다고 하였다[19]. 따라서 본 연구에서 복합운동은 고령여성의 염증인자인 CRP와 WBC의 감소를 통한 항염증의 효과에 의해 DHEA-s가 증가된 것으로 해석되고, 노인기의 근력향상과 심혈관질환 위험 감소 및 항 노화의 효과로 규칙적인 복합운동프로그램이 제안될 수 있을 것으로 사료된다.

Table 3. Changes in blood inflammatory factors after 12-week combined exercise

Variable	Group	Pre	Post	Δ	t	F
DHEA-s ($\mu\text{g/dL}$)	Exercise ($n=21$)	46.32 ± 20.56	54.57 ± 21.93	8.24 ± 9.72	2.620*	Group 0.290
	Control ($n=21$)	46.35 ± 19.31	47.16 ± 20.02	0.81 ± 9.28		
	t -value	-0.004	1.143	2.533*	Interaction 5.965*	

Values are M \pm SD

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

3.3. 동맥경직도

동맥경직도에 대한 상호작용, 그룹 내 변화 및 그룹 간 차이를 분석한 결과는 <Table 4>에 나타난 바와 같다. 중심동맥혈압 중 수축기 혈압은 상호작용 효과($p<.01$)가 나타났고, 그룹 내 변화는 운동군이 유의하게 감소하였으며($p<.05$), 대조군이 유의하게 증가하였다($p<.05$). 그룹 간 차이

는 12주 후($p<.05$), 변화 값($p<.01$)에서 유의한 차이가 나타났다. 이완기 혈압은 상호작용 효과($p<.05$)가 나타났고, 그룹 내 변화는 운동군이 유의하게 감소하였으며($p<.05$), 그룹 간 차이는 변화 값($p<.05$)에서 유의한 차이가 나타났다. 평균 동맥압은 상호작용 효과($p<.05$)가 나타났고, 그룹 간 변화 값($p<.05$)에서 유의한 차이가 나타났다. 맥압은 상호작용 효과($p<.01$)가 나타났고, 그룹

Table 4. Changes in arterial stiffness after 12-week combined exercise

Variable	Group	Pre	Post	Δ	t	F
cSBP (mmHg)	Exercise ($n=21$)	137.05 ± 22.48	127.48 ± 14.09	-9.57 ± 20.36	2.154*	Group 0.723
	Control ($n=21$)	131.95 ± 30.43	141.24 ± 18.56	9.29 ± 18.33	-2.322*	
	t -value	0.769	-2.706*	-3.155**		Interaction 12.300**
cDBP (mmHg)	Exercise ($n=21$)	85.14 ± 9.64	80.95 ± 6.34	-4.19 ± 8.86	2.168*	Group 0.237
	Control ($n=21$)	80.29 ± 11.24	83.05 ± 10.57	2.76 ± 11.14	-1.137	
	t -value	1.503	-0.779	-2.239*		Interaction 4.870*
cMAP (mmHg)	Exercise ($n=21$)	107.00 ± 14.20	101.95 ± 9.97	-5.05 ± 11.66	1.985	Group 0.029
	Control ($n=21$)	101.52 ± 12.27	106.14 ± 14.46	4.62 ± 12.13	-1.745	
	t -value	1.338	-1.093	-2.633*		Interaction 6.482*
cPP (mmHg)	Exercise ($n=21$)	51.90 ± 15.61	46.52 ± 10.53	-5.38 ± 14.13	1.745	Group 2.038
	Control ($n=21$)	51.81 ± 17.30	58.14 ± 18.02	6.33 ± 11.75	-2.470*	
	t -value	0.019	-2.551*	-2.921**		Interaction 10.269**
AIx@75 (%)	Exercise ($n=21$)	31.43 ± 7.46	30.05 ± 5.61	-1.38 ± 8.90	0.711	Group 0.045
	Control ($n=21$)	27.71 ± 6.35	32.86 ± 6.78	5.14 ± 5.14	-4.584***	
	t -value	1.737	-1.464	-2.910**		Interaction 11.813**
PWV (m/s)	Exercise ($n=21$)	8.70 ± 1.26	8.18 ± 0.97	-0.53 ± 1.07	2.238*	Group 0.026
	Control ($n=21$)	8.23 ± 1.10	8.74 ± 1.21	0.51 ± 1.67	-1.414	
	t -value	1.301	-1.660	-2.411*		Interaction 5.865*

Values are M \pm SD

cSBP: central systolic blood pressure, cDBP: central diastolic blood pressure, cMAP: central mean arterial pressure, cPP: central pulse pressure, AIx@75: augmentation index normalized to a heart rate of 75 bpm, PWV: pulse wave velocity

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

내 변화는 대조군이 유의하게 증가하였으며 ($p < .05$), 그룹 간 차이는 12주 후 ($p < .05$), 변화 값 ($p < .01$)에서 유의한 차이가 나타났다. 파형증가 지수는 상호작용 효과 ($p < .01$)가 나타났고, 그룹 내 변화는 대조군이 유의하게 증가하였으며 ($p < .001$), 그룹 간 차이는 변화 값 ($p < .01$)에서 유의한 차이가 나타났다. 맥파전파속도는 상호작용 효과 ($p < .05$)가 나타났고, 그룹 내 변화는 운동군이 유의하게 증가하였으며 ($p < .05$), 그룹 간 차이는 변화 값 ($p < .05$)에서 유의한 차이가 나타났다.

혈관의 경직은 SBP의 증가와 DBP의 감소로 이어지며, 관상동맥, 신장 및 뇌 손상을 유발한다 [46]. 연령대에 있어 운동프로그램의 중재 효과로 중년 및 고령자 일수록 운동 후 SBP 및 DBP의 변화에 더 현저한 변화를 보인다[24]. 본 연구에서도 중심동맥의 수축기, 이완기 혈압이 운동 후 유의한 감소와 함께 맥압의 수준도 경감됨을 보임으로써 규칙적인 복합운동을 통한 혈압 개선에 도움을 준 것으로 보인다.

일반적으로 PWV가 증가하면 심근 및 대뇌 미세 순환의 작은 혈관질환 발병을 일으키는 것으로 가정한다. 이러한 증가 된 동맥경화는 작은 혈관을 높은 박동성 압력과 흐름에 노출시켜 미세 혈관 층에 손상을 유발한다[47]. 즉, 크고 작은 동맥 사이의 cross-talk가 일어나 말초 혈관 저항, 혈압 및 동맥경화의 악순환을 촉진하여 결국 미세 및 혈관 표적 장기 손상의 증상을 일으킨다[48].

Alx의 증가는 단순히 중심 동맥경화의 증가에 기인 한 것이 아니라 말초 혈관의 저항의 증가와 관련이 있고[49], PWV는 동맥의 저항 증가뿐만 아니라 혈류량의 감소에도 기여할 수 있어 노화에 의해 감소되는 혈류량이 결국 PWV에 영향을 미치며, 근 손실에 따른 sarcopenic index가 PWV의 증가와 관계가 있다고 보고된다[50]. 본 연구 결과 대조군의 경우 Alx@75가 유의하게 증가하고, PWV가 증감하는 결과를 나타내어 결국 고령자들에게 있어 골격근의 소실과 혈류량 감소를 예방하기 위해 지속적이고, 규칙적인 운동이 권장된다.

유산소성 및 저항성 운동의 메타분석을 통해 장기간의 유산소 운동이 중심동맥의 수축기 혈압 및 Alx를 감소하는 것으로 보고되며[51], 노인을 대상으로 16주간 수중에서 실시되는 아쿠아로빅과 지상에서의 순환운동 모두 PWV를 감소시켰고[52], 12주간 아쿠아로빅은 여성노인의 PWV를

경감시키는 경향을 보였다[53]. 또한 8주간의 유산소운동과 저항운동을 병행한 순환운동을 통해 50대 비만중년여성의 PWV를 감소시켰고[54], 노인맞춤형 복합운동프로그램을 대사증후군을 가진 노인에게 12주간 실시하여 동맥경직도에 긍정적인 변화가 있었다[55].

본 연구 결과에서도 운동 후 Alx@75의 증가를 경감시키고, PWV는 감소하였다. 이러한 동맥경직도의 개선은 고령자의 심혈관질환 위험을 줄이는데 임상적으로 긍정적 의미가 있는 것으로 보이며, 말초기관 손상의 개선과 혈관건강에 긍정적인 효과가 있는 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 만 70~85세의 고령여성을 대상으로 아쿠아로빅과 맨손근력운동을 적용한 복합운동이 혈중 염증인자, DHEA-s 및 동맥경직도에 미치는 영향을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

12주간의 복합운동은 고령여성의 염증반응을 감소 시켰으며, DHEA-s를 증가함에 따라 노화 호르몬에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 동맥경직도는 중심동맥혈압(수축기, 이완기)이 감소하였고, 맥압 및 파형증가지수의 증가를 경감하였으며, 맥파전파속도를 감소시키는 것으로 나타났다.

결론적으로 노화로 인한 염증과 심혈관 질환에 대한 노출을 예방하기 위한 방법으로 운동 요법이 권장되며, 고령자가 건강한 노화를 달성하기 위한 장기적으로 실시 할 수 있는 구체적인 신체 활동 프로그램이 중요하다. 이에 따라 고령여성의 건강한 노화와 장수를 위해서 항염증, 노화호르몬의 개선 및 혈관건강의 역할로 규칙적이고 지속적인 복합운동이 권장 될 수 있을 것으로 사료된다.

References

1. Y. H. Khang, "Burden of Noncommunicable Diseases and National Strategies to Control Them in Korea", *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, Vol.46 No.4 pp. 155-164, (2013).

2. Korea Centers for Disease Control and Prevention, *2018 PRESS RELEASE*, (2018).
3. Korea Centers for Disease Control and Prevention, *Proposal for National Health Policy to Prevention Effective Cardiologic Disenes 2018*, (2018).
4. C. K. Glass, J. L. Witztum, "Atherosclerosis : Theroad ahead", *Cell*, Vol.104 pp. 503-516, (2001).
5. World Health Organization, *Preventing chronic diseases: a vital investment [Internet]2005*, (2016).
6. S. Y. Ryu, Y. S. Lee, J. Park, M. G. Kang, K. S. Kim, "Relations of plasma high-sensitivity C-reactive protein to various cardiovascular risk factors", *Journal of Korean medical science*, Vol.20 No.3 pp. 379-383, (2005).
7. L. V. Borovikovq, S. Ivanova, M. Zhang, H. Yang, G. I. Botchkina, L. R. Watkins, H. Wang, N. Abumrad, J. W. Eaton, K. J. Tracey, "Vagus nerve stimulation attenuates the systemic inflammatory respones to endotoxin", *Nature*, Vol.405 No.6785 pp. 458-462, (2000).
8. Journal Of The American Medical Association, *Simple Blood Test May Help To Predict Cardiovascular Risk In Older Women*, (2005).
9. B. William, Kannel, A. Philip, Wolf, P. William, Castelli, B. Ralph, D'Agostino, "Fibrinogen and Risk of Cardiovascular Disease", *JAMA*, Vol.258 Vol.9 pp. 1183-1186, (1987).
10. Y. W. Chen, S. Apostolakis, G. Y. Lip, "Exercise-induced changes in inflammatory processes: Implications for thrombogenesis in cardiovascular disease", *Annals of medicine*, Vol.46 NO.7 pp. 439-455, (2014).
11. J. A. Woods, K. R. Wilund, S. A. Martin, B. M. Kistler, "Exercise, inflammation and aging", *Aging and disease*, Vol.3 No.1 pp.130-140, (2012).
12. D. F. Geffken, Cushman. L. B. Gregory, J. F. Polak, P. A. Sakkinen, R. P. Tracy, "Association between Physical Activity and Markers of Inflammation in a Healthy Elderly Population", *Tracy American Journal of Epidemiology*, Vol.153 No.3 pp. 242-250, (2001).
13. V. Gremeaux, M. Gayda, R. Lepers, P. Sosner, M. Juneau, A. Nigam, "Exercise and longevity", *Maturitas*, Vol.73 No.4 pp. 312-317, (2012).
14. M. E. Nelson, W. J. Rejeski, Blair, S. N. Duncan, P. W. Judge, J. O. King, A. C. Macera, C. Castaneda-Sceppa, "Physical activity and public health in older adults", *American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Circulation*, Vol.116 No.9 pp. 1094-1105, (2007).
15. A. P. Verhagen, J. R. Cardoso, S. M. Bierma-Zeinstra, "Aquatic exercise & balneotherapy in musculoskeletal conditions", *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, Vol.26 No.3 pp. 335-343, (2012).
16. K. Meredith-Jones, D. Waters, M. Legge, L. Jones, "Upright water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health: a qualitative review", *Complementary therapies in medicine*, Vol.19 No.2 pp. 93-103, (2011).
17. M. Maggio, F. Lauretani, F. De Vita, S. Basaria, G. Lippi, V. Buttò, M. Luci, C. Cattabiani, G. Ceresini, I. Verzicco, L. Ferrucci, G. Paolo Ceda, "Multiple hormonal dysregulation as determinant of low physical performance and mobility in older persons", *Current pharmaceutical design*, Vol.20 No.19 pp. 3119-3148, (2014).
18. F. Labrie, "DHEA, important source of sex steroids in men and even more in women, In Progress in brain research", *Elsevier*, Vol.182 pp. 97-148. (2010).
19. S. Stenholm, M. Maggio, F. Lauretani, S. Bandinelli, F. P. Ceda, A. G. A. Di Iorio, G. Francesco, G. M. Jack, L. "Anabolic and catabolic biomarkers as predictors of

- muscle strength decline: the InCHIANTI study", *Rejuvenation research*, Vol.13 No.1 pp. 3–11, (2010).
20. J. L. Sanders, R. M. Boudreau, A. R. Cappola, A. M. Arnold, J. Robbins, M. Cushman, A. B. Newman, "Cardiovascular disease is associated with greater incident dehydroepiandrosterone sulfate decline in the oldest old: the cardiovascular health study all stars study", *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol.58 No.3 pp. 421–426, (2010).
 21. C. Shufelt, P. Bretsky, C. M. Almeida, B. D. Johnson, L. J. Shaw, R. Azziz, G. D. Braunstein, C. J. Pepine, V. Bittner, D. A. Vido, F. Z. Stanczyk, C. N. Bairey Merz, "DHEA-S levels and cardiovascular disease mortality in postmenopausal women: results from the National Institutes of Health—National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI)-sponsored Women's Ischemia Syndrome Evaluation (WISE)", *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol.95 No.11 pp. 4985–4992, (2010).
 22. N. A. Shirwany, M. H. Zou, "Arterial stiffness: a brief review", *Acta Pharmacologica Sinica*, Vol. 31 No.10 pp. 1267–1276, (2010).
 23. G. Celik, M. S. Demirci, M. Tumuklu, G. Ascı, S. Sipahi, H. Toz, A. Bascı, E. Ok, "Factors related to pulse wave velocity and augmentation index in chronic hemodialysis patients", *Renal failure*, Vol.33 No.10 pp. 957–963, (2011).
 24. R. Hartog, D. Bolognani, E. Sijbrands, G. Pucci, F. Mattace-Raso, "Short-term vascular hemodynamic responses to isometric exercise in young adults and in the elderly", *Clinical interventions in aging*, Vol.13 pp. 509–514, (2018).
 25. B. A. Kingwell, T. L. Medley, T. K. Waddell, T. J. Cole, A. M. Dart, G. L. Jennings, "Large artery stiffness: structural and genetic aspects", *Clinical and experimental pharmacology & physiology*, Vol.28 1040–1043, (2001).
 26. G. F. Mitchell, H. Parise, E. J. Benjamin, M. G. Larson, M. J. Keyes, J. A. Vita, R. S. Vasan, D. Levy, "Changes in arterial stiffness and wave reflection with advancing age in healthy men and women: the Framingham Heart Study", *Hypertension*, Vol.43 No.6 pp. 1239–1245, (2004).
 27. H. Tanaka, F. A. Dinunno, K. D. Monahan, C. M. Clevenger, C. A. DeSouza, D. R. Seals, "Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance", *Circulation*, Vol.102 No.11 pp. 1270–1275, (2000).
 28. S. J. Jung, E. S. Yoon, T. Y. Son, S. Y. Jae, "Effects of recreational dance exercise on cardiovascular risk factors, vascular structure and function in older women", *Exercise science*, Vol.20 No.1 pp. 36–47.
 29. B. S. Lee, K. A. Kim, M. G. Lee, "Effects of 10 weeks of aerobic exercise training on cardiovascular function, atherosclerosis, and vascular endothelial function in elderly women", *Korean Journal of Sport Science*, Vol.28 No.2 pp. 300–314, (2017).
 30. F. Faul, E. Erdfelder, A. Buchner, A. G. Lang, "Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses", *Behavior research methods*, Vol.41 No.4 pp. 1149–1160, (2009).
 31. American College of Sports Medicine. *ACSM's Exercise for Older Adults*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, (2013).
 32. A. Tsoupras, R. Lordan, I. Zabetakis, "Inflammation, not cholesterol, is a cause of chronic disease", *Nutrients*, Vol.10 No.5 pp. E604, (2018).
 33. M. Ferrer, X. Capó, M. Martorell, C. Busquets-Cortés, C. Bouzas, S. Carreres, D. Mateos, A. Sureda, J. A. Tur, A. Pons, "Regular practice of moderate physical activity by older adults ameliorates their anti-inflammatory status", *Nutrients*,

- Vol.10 No.11 pp. 1780.(2018).
34. N. I. Kim, "The Effects of Aquatic and Land Exercise on Atherosclerosis Indices and Inflammation Response Markers in Elderly with Metabolic Syndrome", *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.20 No.4 pp. 277-286, (2012).
 35. C. H. Kim, J. W. Lee, H. Y. Park, "The effect of yoga exercise and band exercise performance in elderly women on the inflammatory makers and ageing hormone", *Journal of Wellness*, Vol.9 No.2 pp. 209-220, (2014).
 36. D. E. King, P. Carek, W. S. Pearson, "Inflammatory markers and exercise: differences related to exercise type", *Medicine and science in sports and exercise*, Vol.35 No.4 pp. 575-581, (2003).
 37. C. E. Donges, R. Duffield, E. J. Drinkwater, "Effects of resistance or aerobic exercise training on interleukin-6, C-reactive protein, and body composition", *Medicine and Science in Sport and Exercise*, Vol.42 pp. 304-313, (2010).
 38. J. L. Abramson, V. Vaccarino, "Relationship between physical activity and inflammation among apparently healthy middle-aged and older US adults", *Archives of internal medicine*, Vol.162 No.11 pp. 1286-1292, (2002).
 39. H. S. Chahal, W. M. Drake, "The endocrine system and ageing", *The Journal of Pathology: A Journal of the Pathological Society of Great Britain and Ireland*, Vol.211 No.2 pp. 173-180, (2007).
 40. C. Ohlsson, L. Vandenput, A. Tivesten, "DHEA and mortality: what is the nature of the association?", *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, Vol.145 pp. 248-253, (2015).
 41. K. Rutkowski, P. Sowa, J. Rutkowska-Talipska, A. Kuryliszyn-Moskal, R. Rutkowski, "Dehydroepiandrosterone (DHEA): hopes and hopes", *Drugs*, Vol.74 No.11 pp. 1195-1207, (2014).
 42. A. C Phillips, V. E. Burns, J. M. Lord, "Stress and exercise: getting the balance right for aging immunity", *Exercise and sport sciences reviews*, Vol.35 No.1 pp. 35-39, (2007).
 43. O. Tissandier, G. Peres, J. Fiet, F. Piette, "Testosterone, dehydroepiandrosterone, insulin-like growth factor 1, and insulin in sedentary and physically trained aged men", *European journal of applied physiology*, Vol.85 No.1-2 pp. 177-184, (2001).
 44. G. Ravaglia, P. Forti, F. Maioli, L. Pratelli, C. Vettori, L. Bastagli, E. Mariani, A. Facchini, D. Cucinotta, "Regular moderate intensity physical activity and blood concentrations of endogenous anabolic hormones and thyroid hormones in aging men", *Mechanisms of ageing and development*, Vol.122 No.2 pp. 191-203, (2001).
 45. A. Tivesten, L. Vandenput, D. Carlzon, M. Nilsson, M. K. Karlsson, O. Ljunggren, E. Barrett-Connor, D. Mellström, C. Ohlsson, "Dehydroepiandrosterone and its sulfate predict the 5-year risk of coronary heart disease events in elderly men", *Journal of the american college of cardiology*, Vol.64 No.17 pp. 1801-1810, (2014).
 46. M. F. O'Rourke, J. Hashimoto, "Mechanical factors in arterial aging: a clinical perspective", *Journal of the American College of Cardiology*, Vol.50 No.1 pp. 1-13, (2007).
 47. M. F. O'Rourke, M. E. Safar, "Relationship between aortic stiffening and microvascular disease in brain and kidney: cause and logic of therapy" *Hypertension*, Vol.46 No.1 pp. 200-204, (2005).
 48. S. Laurent, M. Briet, P. Boutouyrie Large and small artery cross-talk and recent

- morbidity–mortality trials in hypertension, *Hypertension*, Vol.54 No.2 pp. 388–392, (2009).
49. G. F. Mitchell, Y. Lacourciere, J. M. O. Arnold, M. E. Dunlap, P. R. Conlin, J. L. Izzo Jr, "Changes in aortic stiffness and augmentation index after acute converting enzyme or vasoepitidase inhibition", *Hypertension*, Vol.46 No.5 pp. 1111–1117, (2005).
50. A. M. Abbatecola, P. Chiodini, C. Gallo, E. Lakatta, K. Sutton–Tyrrell, F. A. Tyllavsky, B. Goodpaster, N. Rekeire, A. V. Schwartz, G. Paolisso, T. Harris, "Pulse wave velocity is associated with muscle mass decline: Health ABC study", *Age*, Vol.34 No.2 pp. 469–478, (2012).
51. Y. Zhang, L. Qi, L. Xu, X. Sun, W. Liu, S. Zhou, F. van de Vosse, S. E. Greenwald, "Effects of exercise modalities on central hemodynamics, arterial stiffness and cardiac function in cardiovascular disease: Systematic review and meta–analysis of randomized controlled trials", *PloS one*, Vol.13 No.7 e0200829, (2018).
52. J. H. Kim, Y. S. Jung, J. W. Kim, M. S. Ha, S. M. Ha, D. Y. Kim, "Effects of aquatic and land–based exercises on amyloid beta, heat shock protein 27, and pulse wave velocity in elderly women", *Experimental gerontology*, Vol.108 pp. 62–68, (2018).
53. M. S. Ha, J. H. Kim, Y. S. Kim, D. Y. Kim, "Effects of aquarobic exercise and burdock intake on serum blood lipids and vascular elasticity in Korean elderly women", *Experimental gerontology*, Vol.101 pp. 63–68, (2018).
54. Y. J. Kim, J. H. Kim, S. M. Ha, J. S. Kim, J. W. Kim, B. K. Yoon, D. Y. Kim, "Effects of circulation exercise on health–related physical fitness, blood pressure and blood vessel elasticity of obese women in the 50s", *Journal of Oil & Applied Science*, Vol.34 No. 4, (2017).
55. M. S. Ha, Y. H. Baek, "Floor exercise improves on senior fitness test, blood lipids and arterial stiffness in elderly women with metabolic syndrome", *Journal of Oil & Applied Science*, Vol.34 No. 4, (2017).