

12주간 수중걷기운동이 비만 노인 여성의 신체조성, hs-CRP, 인슐린 저항성 및 혈압에 미치는 영향

손우현^{1*} · 하민성² · 전병환³ · 박헌태^{4†}

¹동아대학교 바이오헬스융합연구소, 연구교수

²동국대학교 스포츠문화학과, 교수

³경성대학교 스포츠건강학과, 교수

^{†4}동아대학교 건강관리학과, 교수

(2022년 12월 12일 접수: 2022년 12월 22일 수정: 2022년 12월 26일 채택)

Effect of aquatic walking exercise on body composition, hs-CRP, insulin resistance and blood pressure in obese elderly women

Woo-Hyeon Son^{1*} · Min-Seong Ha² · Byeong Hwan Jeon³ · Hyun-Tae Park^{4†}

¹Institute of Convergence Bio-Health, Dong-A University, Busan, Korea

²Department of Sports Culture, College of the Arts, Seoul, Korea

³Department of Sports and Health Science, College of Arts, Busan, Korea

⁴Graduate School of Health Care and Sciences, College of Health Science, Dong-A University, Busan 49201, Korea

(Received December 12, 2022; Revised December 22, 2022; Accepted December 26, 2022)

요 약 : 본 연구의 목적은 12주간 수중걷기운동이 비만 노인 여성의 신체조성, hs-CRP, HOMA-IR 및 혈압에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다. 체지방률 30% 이상인 비만 노인 여성 중 운동군(10명), 대조군(10명)으로 총 20명으로 실시하였으며, 모든 검사항목은 동일한 방법과 조건으로 신체조성, hs-CRP, HOMA-IR 및 혈압을 사전, 사후 총 2회 측정하였다. 수중걷기운동은 12주간, 주 3회, 1회 50분, RPE 11-14 강도로 실시하였다. 측정변인에 대해 평균값과 표준편차(M±SD)를 산출한 후 사전 운동군과 대조군의 신체적 특성과 각 측정변인에 대한 동질성 검정을 위하여 독립 t-test를, 집단 내의 사전·사후 평균치 변화에 대한 차이 검증은 종속 t-test를, 집단 간 차이에 대한 주효과 검정 및 집단 간 시기 간 상호작용 효과는 반복측정 분산분석을 이용하였다. 본 연구결과 운동군에서 신체조성, 체지방률($p<.05$), 인슐린($p<.01$), HOMA-IR($p<.01$) 및 수축기 혈압($p<.05$)이 유의하게 감소하였다. 따라서 수중걷기운동이 비만 노인 여성의 비만 및 심혈관질환의 개선에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

주제어: 비만, 수중걷기운동, 고감도 C-반응단백, 인슐린 저항성, 혈압

[†]Corresponding author

(E-mail: htpark@dau.ac.kr)

* 이 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2021S1A5B5A16078209)

Abstract : The purpose of this study was to investigate the effects of aquatic walking exercise on body composition, hs-CRP, HOMA-IR, and blood pressure in obese elderly women. Twenty, obese elderly women[percent body fat(%BF) < 30%] composed of aquatic walking exercise group(EX, n=10), the control group(CON, n=10). The variables of body composition, hs-CRP, HOMA-IR, and blood pressure were measured in all the subjects pre and post of 12 weeks aquatic walking exercise(RPE 11-14, 3 times per week, 50 mins). The test data were analyzed by paired t-test and repeated ANOVA, and the alpha level of $p < .05$ was set for all tests of significance. %BF ($p < .05$), insulin ($p < .01$), HOMA-IR ($p < .01$) and SBP ($p < .05$) were significantly decreased in EX group compared to CON group. These results suggest that 12 weeks of aquatic walking exercise improves %BF, HOMA-IR, and blood pressure. Thus, this proposed aquatic walking exercise modality can be a useful therapy to improve both obese and cardiovascular disease in obese elderly women.

Keywords : aquatic walking exercise, obese, blood pressure, HOMA-IR, hs-CRP

1. 서론

비만이란 비정상적으로 체내 지방이 많이 축적된 상태로 제2형 당뇨병 및 심혈관질환 등의 만성질환 발병률의 주요 원인으로 알려져 있으며 [1], 전 세계적으로 심각한 건강문제로 대두되고 있어 WHO에서는 21세기 신중 전염병으로 규정하고 있다. 전 세계 18세 이상 성인 인구의 약 13%가 비만이라고 보고되고 있으며 [2], 우리나라의 비만율은 2007년 31.7%에서 2020년 38.8%로 7.1% 증가를 보고하였고, 60세 이상에서 2019년 37.3%에서 2020년 41.1%로 3.8% 증가를 보고하였다 [3]. 특히 여성들은 폐경 이후 여성 호르몬 분비의 감소 등과 같은 내분비계 기능 저하는 복부비만 촉진과 체중 증가로 비만이 쉽게 유발된다 [4].

이러한 비만은 염증성 사이토카인(CRP, TNF- α 및 IL-6 등)의 수준을 증가시키는 것으로 알려져 있으며 [5], 비만인의 염증 수준이 높은 것으로 보고되고 있고 [6], 염증의 증가는 동맥경화 등 심혈관계질환의 발생을 증가시킨다 [7]. hs-CRP는 간세포에서 의해 방출되는 전신 염증의 지표로 심혈관질환을 예측하고 각종 염증 상태를 평가하는데 널리 이용되며 [8], hs-CRP 수준의 증가는 제2형 당뇨병의 위험성을 증가시키는 것으로 알려져 있다 [9]. 선행연구에서 CRP와 인슐린 저항성이 관련이 있는 것으로 보고하였으며 [10],

수축기 혈압과도 밀접한 관련이 있는 것으로 보고하였다 [11]. 다른 선행연구에서 족상동맥경화증에 중요한 역할을 하는 염증 인자인 hs-CRP의 수준이 높을수록 고혈압과 관련이 있는 것으로 보고하였다 [12, 13].

이와같이 비만에 의한 만성질환의 주요 위험요인인 염증, 인슐린 저항성 및 혈압의 개선을 위한 비약물적인 방법으로 운동이 권장되고 있으며, 규칙적인 운동 참여는 체지방 감소로 인한 염증 인자, 인슐린 저항성 및 혈압 개선에 도움을 주는 것으로 보고되고 있다 [14, 15, 16]. 특히 수중 걷기운동은 수온, 수압, 부력 및 저항력 등 물의 특성을 이용한 전신운동으로 [17], 부력은 근골격계가 약하거나 불편한 사람들에게 가해지는 중력 스트레스와 무릎 및 발목 등과 같은 관절의 부담을 줄여준다 [18]. 또한, 물의 밀도는 공기 밀도의 800배로 이는 수중운동이 육상운동보다 에너지 소모가 크고 이를 통해 신체조성 개선에도 효과적이다 [19]. 선행연구에서 수중 걷기 운동 후 신체 조성 [20], 인슐린 저항성 [21] 및 혈압 [21]의 개선을 보고하였다.

따라서 본 연구는 수중 걷기운동이 비만 노인 여성들의 신체조성, hs-CRP, 인슐린 저항성 및 혈압에 미치는 영향 알아보고 비만 노인 여성들의 대사성질환 및 심혈관질환에 개선을 위한 프로그램 개발에 기초자료를 제공하는데 본 연구의 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구의 대상은 B 광역시에 거주하는 노인 여성 중 최근 6개월 이내 운동경험이 없고, 체지방률 30% 이상인 비만 노인 여성을 대상으로 연구의 목적을 이해하고, 동의서 작성 후 연구에 참여할 것에 동의한 20명으로 운동군 10명, 대조군 10명으로 실시하였다. 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다. 본 연구의 표본 크기는 G power 3.1 windows를 이용하여 effect size:0.25 (default), significance:0.05, power:0.60으로 설정하여 각 종속 변인 별로 분석한 결과 적정 대상자 수는 20명으로 나타났다.

Table 1. Characteristics of subject

	EX	CON
Age (yrs)	71.6±3.31	71.3±2.79
Height (cm)	154.56±4.57	152.80±3.75
Weight (kg)	63.00±5.34	65.28±7.31
BMI (kg/m ²)	26.62±2.09	27.96±3.01

Values are M±SD

EX : aquatic walking exercise group, CON : control group

2.2. 신체조성

신장은 휴대용 신장계(InLabS50, Inbody, Korea)를 이용하여 측정하였고, 체지방률 및 골격근량 체성분 분석장비인 Inbody S10(Inbody, Korea)을 이용하여 간편한 복장을 착용한 상태에서 측정하였다.

2.3. hs-CRP

hs-CRP는 C-reactive protein (latex) high sensitive assay (Roche, Germany)와 Cobas 8000(Roche, Germany) 측정기기를 이용하여 TIA(transient ischemic attack) 방법으로 측정하였다.

2.4. HOMA-IR

글루코스는 UV assay(HK)를 이용하여, Glu kitRoche, DEU)의 시약을 Hitachi 7600(Hitachi, JPN)의 장비를 사용하여 측정하였다. 인슐린의 분석방법은 ECLIA(elec trochemiluminescence immunoassay)를 이용하여 분석하였고, Insulin kit(Roche, DEU)의 시약을 Cobas e801(Roche, DEU)의 비를 사용하여 측정하였다. Homeostasis model assessment index=[fasting insulin(μ U/mL)×fasting glucose(mg/dL)]/405의 공식으로 산출하였다[22].

2.5. 혈압

혈압은 앉은 상태로 10분 이상 안정을 취한 후 Medan Health Facility Security Agency (Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan, BPFK)가 보정한 자동혈압계(HEM-7156T, Omron, Japan)로 측정하였으며, 2회 측정 후 평균값을 기록하였다. 각 측정 간 오차가 10mmHg 이상일 경우 1회 추가 측정하여 낮은 값의 평균값으로 기록하였다.

2.6. 수중걷기 운동프로그램

수중걷기운동은 수심 1.2m, 수온 28~29℃, 25m 수영장에서 12주간 주 3회(월, 수, 금), 총 50분 준비운동 5분, 본 운동 40분, 정리운동 5분으로 구성하였다. 준비운동은 앞뒤로 걷기, 발끝으로 걷기 및 스트레칭을 실시하였고, 본 운동은 수중걷기운동을 실시하였으며, 정리운동은 스트레칭을 실시하였다. 운동강도는 Borg (1982)의 운동자각도(RPE; Rating of Perceived Exertion)를 이용하여 1-6주는 RPE 11-12, 7-12주는 RPE 13-14로 실시하였다. 수중걷기운동은 내용은 Table 2와 같다

2.7. 통계처리

본 연구의 통계처리는 SPSS 23.0을 이용하여 각 변인에 대한 평균값과 표준편차(M±SD)를 산출한 후, 각 변인의 집단 간 시기 간 상호작용 효과는 반복측정 이원변량분석(2-way ANOVA repeated measure)을 이용하였고, 사후 검증은 paired t-test를 실시하였다. 통계적 유의수준은 .05로 하였다.

Table 2. 12 week aquatic walking exercise

week	order	exercise	intensity	frequency
	Warm-up (5 min)	walk forward, walk backward, walk on tiptoe, static stretching		
1-6 week	Main exercise (40 min)	walk forward	RPE 11-12	3 times /week
7-12 week		walk forward	RPE 13-14	
	Cool-down (5 min)	static stretching		

Table 3. The changed of body composition

Variable	Group	Pre	Post	t-value	F-value
%BF (%)	EX	40.78±4.34	39.65±4.42	2.892*	Time 4.950#
	CON	43.17±6.48	43.38±6.42	-1.551	Group 1.551
SMM (kg)	EX	19.27±1.85	19.28±1.81	-0.142	Time×Group 10.501##
	CON	19.64±3.26	19.64±3.20	0.000	Time 0.014
					Group 0.097
					Time×Group 0.014

Values are M±SD, * p <.05, ** p <.01, # p <.05, ## p <.01

EX : exercise group, CON : control group

3. 결과 및 고찰

3.1. 신체조성

수중걷기운동 후 신체조성의 변화는 Table 3과 같다. 체지방률은 시기 간 주효과(p<.05), 시기와 그룹간 상호작용 효과(p<.01)가 나타났으며, 운동군에서 유의하게 감소하였다(p<.05). 대조군에서는 유의한 차이가 없었다.

3.2. hs-CRP

수중걷기운동 후 hs-CRP의 변화는 Table 4와 같다. 운동군, 대조군 모두에서 유의한 차이가 없었다.

3.3. HOMA-IR

수중걷기운동 후 HOMA-IR의 변화는 Table 4와 같다. 혈당은 운동군, 대조군 모두에서 유의한 차이가 없었다. 인슐린은 시기 간 주효과(p<.01), 시기와 그룹간 상호작용 효과(p<.01)가 나타났으며, 운동군에서 유의하게 감소하였다

(p<.01). HOMA-IR 시기 간 주효과(p<.01), 시기와 그룹간 상호작용 효과(p<.01)가 나타났으며, 운동군에서 유의하게 감소하였다(p<.01). 대조군에서는 유의한 차이가 없었다.

3.4. 혈압

수축기 혈압은 시기 간 주효과(p<.05), 시기와 그룹간 상호작용 효과(p<.01)가 나타났으며, 운동군에서 유의하게 감소하였다(p<.05). 이완기 혈압에서는 운동군, 대조군 모두에서 유의한 차이가 없었다.

3.5. 고찰

여성은 폐경 후 여성호르몬인 에스트로겐 분비 감소로 인한 lipoprotein lipase의 활성화 억제 기능의 감소로 지방의 축적은 증가 되고, 제지방은 감소 된다[23]. 선행연구에서 폐경 이후 내장지방이 폐경전보다 2.6배 빨리 축적되며, 남성들과 비교해 비만율은 약 1.6배 높은 것으로 보고되고 있다[24]. 이러한 비만은 심혈관질환의 주요 위험

Table 4. The changed of hs-CRP, glucose, insulin, HOMA-IR and blood pressure

Variable	Group	Pre	Post	t-value	F-value
hs-CRP (mg/dL)	EX	0.08±0.02	0.07±0.02	2.121	Time 3.214
	CON	0.07±0.04	0.07±0.03	0.000	Group 0.262
glucose (mg/dL)	EX	101.70±15.76	100.80±14.75	0.504	Time×Group 3.214
	CON	109.10±16.93	109.70±15.92	-0.373	Time 0.094
insulin (μU/mL)	EX	9.36±3.07	6.96±2.69	3.318**	Group 1.396
	CON	9.25±4.09	9.29±4.00	-0.373	Time×Group 0.376
HOMA-IR (pg/mL)	EX	2.38±1.00	1.78±0.82	3.641**	Time 10.460##
	CON	2.56±1.35	2.57±1.33	-0.695	Group 0.527
SBP (mmHg)	EX	151.60±14.05	143.70±11.11	2.750*	Time×Group 11.181##
	CON	150.20±22.27	151.20±20.58	-1.168	Time 12.326##
DBP (mmHg)	EX	79.40±8.18	77.70±8.64	1.259	Group 0.931
	CON	83.30±7.20	83.20±6.97	0.183	Time×Group 13.707##
					Time 5.297#
					Group 0.156
					Time×Group 8.813##
					Time 1.527
					Group 1.909
					Time×Group 1.206

Values are M±SD, * p <.05, ** p <.01, # p <.05, ## p <.01

EX : aquatic walking exercise group, CON : control group

인자인 염증, 혈당, 및 혈압 등을 악화시키는 것으로 알려져 있다[25]. 하지만 규칙적인 운동 참여는 체중, 체지방 감소 및 근육량 증가로 비만 관련 대사질환을 개선시키고[26], 체내 에너지 대사를 촉진하며 기초대사량을 유지 시킨다[27]. 선행연구에서 폐경여성을 대상으로 12주간 걷기운동을 실시 한 결과 체지방률 감소 및 체지방량 증가를 보고하였으며[28], 이는 운동을 통한 활동량의 증가에 따른 에너지 소모의 증가가 지방의 연소를 활성화하는 것으로 보고되고 있다[27].

본 연구에서 운동군의 체지방률이 유의하게 감소하였고, 이는 수중걷기운동 참여를 통한 활동량 증가가 체지방이 감소로 이어진 것으로 생각되며, 규칙적인 수중걷기운동 참여를 통해 비만 노인 여성들의 비만 개선을 통한 대사질환 예방에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료 된다.

또한, 비만은 체내 염증 반응 변화로 단핵구수와 활동성을 증가시켜 염증성 사이토카인의 수준을 상승시키다[29]. 염증성 사이토카인 중 hs-CRP는 다양한 염증 상태를 평가하는 지표로 이용되고 있으며, 심혈관질환의 독립적인 위험인자로 알려져 있다[30]. 선행연구에서 비만과

hs-CRP의 상관관계가 보고되었으며[31], Oh & Choi [32]의 연구에서 체지방지수가 높을수록 hs-CRP 수준이 높은 것으로 보고하였다. AHA (American Heart Association)에서는 hs-CRP 수준을 3단계로 구분하여, 1.0 mg/L 미만(심혈관 질환의 저위험군), 1.0 mg/L 이상 - 3.0 mg/L 미만(보통 위험군), 3.0 mg/L 이상(고위험군)으로 나누고 있으며, 고위험군은 저위험군보다 심혈관 질환의 발생 위험이 2배 증가하는 것으로 보고하였다[33].

하지만, 신체활동량이 많은 사람에게서 낮은 CRP 수준을 보이는 것으로 보고되고 있으며[34], 유산소 운동이 CRP 수준의 개선에 도움을 주는 것으로 알려져 있다[35]. 선행연구에서 과체중 또는 비만 폐경 후 여성을 대상으로 유산소 운동을 실시한 결과 CRP의 감소를 보고하였으며[36], 이는 운동을 통한 체지방 감소가 염증의 발생을 억제하는 것으로 보고되고 있다[37, 38]. 본 연구에서 운동군, 대조군 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 하지만 운동군에서 hs-CRP가 다소 감소하는 경향을 보였으며, 이는 꾸준한 수중걷기 운동 참여를 통해 체내 염증 인자 개선에 도움을

줄 수 있을 것으로 생각된다.

비만 및 내장지방의 지나친 축적은 인슐린 민감도와 인슐린 분비에 대한 감수성을 감소시켜 인슐린 저항성의 원인으로 작용하며[39], Brook 등 [40]은 BMI와 인슐린 저항성과 상관관계가 있는 것으로 보고하였고, 인슐린 저항성의 유발물은 비활동적이고 체력이 약한 사람들에게서 더 높게 나타나는 것으로 보고하였다[41]. 인슐린 저항성 발생 시 근육 감소 및 지방 증가가 유발되어 체내 염증 반응이 악화되며[42], CRP 상승, 제2형 당뇨병 및 고혈압 등을 유발하는 것으로 알려져 있다[43].

하지만, Dalzell 등 [44]은 규칙적인 신체활동은 체지방 및 체중 감소와 혈당과 인슐린 개선을 통해 인슐린 저항성의 개선에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 특히, 유산소 운동은 일상생활체력의 향상 및 당을 에너지로 사용하는 능력 향상에 효과적인 것으로 알려져 있으며[45], 선행연구에서 비만 고령 여성을 대상으로 12주간 수중걷기운동을 실시한 결과 HOMA-IR의 유의한 감소를 보고하였다[21]. 이는 운동에 의해 포도당 수용체4(GLUT4) 및 인슐린 수용체(insulin receptor) 증가와 포도당 흡수 촉진, 포도당을 처리하기 위한 세포 내 효소 활성화에 의한 것으로 보고 되고 있다[46, 47].

본 연구에서 혈당은 운동군, 대조군 모두에서 유의한 차이가 나지 않았다. Boulé 등[48]의 메타분석연구에서 혈당은 운동강도의 영향을 받는 것으로 보고하였으며, 추후 운동강도에 따른 혈당 변화에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 운동군의 인슐린 및 HOMA-IR 이 유의하게 감소하였으며, 이는 수중걷기 운동을 통한 인슐린 수용체 증가에 의한 것으로 생각되며, 수중걷기운동이 비만 노인 여성들의 대사성질환 개선에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료 된다.

비만 및 체중증가는 고혈압의 위험도를 증가시키고, 체중이 5% 증가하면 고혈압 위험도 약 20-30% 증가하는 것으로 알려져 있으며[49], 수축기 혈압이 20 mmHg 증가하게 되면 허혈성 뇌졸중(1.64배), 지주막하 출혈(2.29배) 및 뇌내출혈(3.15배)의 발생빈도가 여성들에게서 높아지는 것으로 보고하였다[50]. Korean CDC [51]는 폐경 후 여성의 고혈압이 높은 것으로 보고하였고, 50대부터 혈압이 급격히 증가하며, 연령별 고혈압 유병률을 살펴보면 30대(3.3%), 40대(12.4%), 50대(30.3%) 및 60대(46.2%)인 것으로 보고하였

다[52].

하지만, Cornelissen & Smart [53]의 메타분석 연구에서 유산소 운동은 혈압을 감소시키는 것으로 보고하였으며, 선행연구에서 비만 중년 여성을 대상으로 12주간 걷기운동을 실시한 결과 혈압의 개선을 보고하였다[54]. 이는 운동을 통한 산화질소 생성 증가로 내피 의존성 혈관 확장 증가에 의한 것으로 보고하였다[55].

본 연구에서 운동군의 수축기 혈압이 유의하게 감소하였으며, 이는 수중걷기 운동을 통한 혈류량 증가에 의한 전단력 증가, 체지방 및 HOMA-IR의 개선에 의한 것으로 생각되며, 수중걷기운동이 비만 노인들의 혈관 기능 개선에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료 된다.

4. 결론

본 연구는 12주간 수중걷기운동이 비만 노인 여성의 신체조성, hs-CRP, 인슐린 저항성, 및 혈압에 미치는 영향을 알아보기 위해 비만 노인 여성 20명을 대상으로 운동군 10명, 대조군 10명으로 수중걷기운동을 실시한 결과 다음 같은 결과가 나타났다.

운동군의 체지방률, 인슐린, 인슐린 저항성 및 수축기 혈압이 유의하게 감소하였다. 이상의 결과를 종합하여 보면 12주간 수중걷기운동이 비만 노인 여성의 체지방률, 인슐린, 인슐린 저항성 및 수축기 혈압의 개선에 도움이 되는 것으로 나타났다.

따라서 규칙적인 수중걷기 운동 참여가 비만 노인 여성의 비만 및 혈압의 개선을 통해 대사성 질환과 심혈관질환 개선 및 예방에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각되며, 추후 연구에서는 수중걷기 운동에 관한 다양한 효과 검증 연구가 이루어져야 할 것으로 사료 된다.

References

1. E. H. Allott, S. D. Hursting, "Obesity and cancer: mechanistic insights from transdisciplinary studies", *Endocrine-Related Cancer*, Vol.22, No.6, pp. 365-386, (2015).
2. World Health Organization. obesity and

- overweight. Available From: <http://www.https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>, (accessed Dec. 13, 2022).
3. Ministry of Health and welfare-Korea Disease Control and Prevention Agency, National Health Statistics-Korean National Health and Nutrition Examination Survey 8th. (accessed Dec. 13, 2022).
 4. A. Geraci, R. Calvani, E. Ferri, E. Marzetti, B. Arosio, M. Cesari, "Sarcopenia and menopause: the role of estradiol", *Frontiers in Endocrinology*, Vol.12, pp. 1-5, (2021).
 5. P. Dandona, A. Aljada, A. Bandyopadhyay. "Inflammation: the link between insulin resistance, obesity and diabetes", *Trends in Immunology*, Vol.25, No.1, pp. 4-7, (2004).
 6. E. Carolan, A. E. Hogan, M. Corrigan, G. Gaotswe, J. O'Connell, N. Foley, L. A O'Neill, D. Cody, D. O'Shea, "The impact of childhood obesity on inflammation, innate immune cell frequency, and metabolic microRNA expression", *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol.99, No.3, pp. 474-478 (2013).
 7. K. S. Petersen, N. Blanch, J. B. Keogh, P. M. Clifton, "Effect of Weight Loss on Pulse Wave Velocity Significance: Systematic Review and Meta-Analysis. Arteriosclerosis", *Thrombosis, and Vascular Biology*, Vol.35, No.1, 243-252, (2015).
 8. R. D. Brook, R. L. Bard, M. Rubenfire, P. M. Ridker, S. Rajagopalan, "Usefulness of visceral obesity (waist/hip ratio) in predicting vascular endothelial function in healthy overweight adults", *American Journal of Cardiology*, Vol.88, No.11, pp. 1264-1269, (2001).
 9. B. C. Solymoss, M. G. Bourassa, L. Campeau, A. Sniderman, M. Marcil, J. Lespérance, S. Lévesque, S. Varga, "Effect of increasing metabolic syndrome score on atherosclerotic risk profile and coronary artery disease angiographic severity", *American Journal of Cardiology*, Vol.93, No.2, pp. 159-164, (2004).
 10. N. Nakanishi, T. Shiraishi, M. Wada, "Association between C-reactive Protein and Insulin Resistance in a Japanese Population: The Minoh Study", *Internal Medicine*, Vol.44, No.6, pp. 542-547, (2005).
 11. H. D. Sesso, J. E. Buring, N. Rifai, G. J. Blake, J. M. Gaziano, P. M. Ridker, "C-Reactive Protein and the Risk of Developing Hypertension", *JAMA*, Vol.290, No.22, pp. 2945-2951, (2003).
 12. C. U. Chae, R. T. Lee, N. Rifai, P. M. Ridker, "Blood pressure and inflammation in apparently healthy men", *Hypertension*, Vol.38, No.3, pp. 399-403, (2001).
 13. M. K. Rutter, J. B. Meigs, L. M. Sullivan, R. B. D'Agostino Sr, P. W. F. Wilson, "C-reactive protein, the metabolic syndrome, and prediction of cardiovascular events in the Framingham Offspring Study", *Circulation*, Vol.110, No.4, pp. 380-385, (2004).
 14. N. Pattyn, V. A. Cornelissen, S. R. T. Eshghi, L. Vanhees, "The Effect of Exercise on the Cardiovascular Risk Factors Constituting the Metabolic Syndrome A Meta-Analysis of Controlled Trials", *Sports Medicine*, Vol.43, No.2, pp. 121-133, (2013).
 15. S. G. Wannamethee, G. D. O. Lowe, P. H. Whincup, A. R. M Walker, L. Lennon, "Physical activity and hemostatic and inflammatory variables in elderly men", *Circulation*, Vol.105, No.15, pp. 1785-1790, (2002).
 16. P. K. Whelton, J. He, L. J. Appel, J. A. Cutler, S. Havas, T. A. Kotchen, E. J. Roccella, R. Stout, C. Vallbona, M. C. Winston, J. Karimbakas, "Primary prevention of hypertension: clinical and public health advisory from The National High Blood Pressure Education Program", *JAMA*, Vol.288, No.15, pp. 1882-1888,

- (2002).
17. H. Kamioka, K. Tsutani, Y. Mutoh, H. Okuizum, M. Ohta, S. Handa, S. Okada, J. Kitayuguchi, M. Kamada, N. Shiozawa, S. J. Park, T. Honda, S. Moriyama, "A systematic review of nonrandomized controlled trials on the curative effects of aquatic exercise", *International Journal of General Medicine*, Vol.4, pp. 239–260, (2011).
 18. D. Munguia-Izquierdo, A. Legaz-Arrese, "Assessment of the effects of aquatic therapy on global symptomatology in patients with fibromyalgia syndrome: a randomized controlled trial", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.89, No.12 pp. 2250–2257, (2008).
 19. P. E. Di Prampero, "The energy cost of human locomotion on land and in water", *International Journal of Sports Medicine*, Vol.7, No.2, pp. 55–72, (1986).
 20. B. A. Lee, D. J. Oh "The effects of aquatic exercise on body composition, physical fitness, and vascular compliance of obese elementary students", *Journal of Exercise Rehabilitation*, Vol.10, No.3, pp. 184–190, (2014).
 21. Y. S. So, S. S. Lee, "Effects of Water-walking and Land-walking Exercise on Insulin Resistance, Adipokines and Hypotensive response in Obese elderly women", *The Korea Journal of Sports Science*, Vol.21, No.3, pp. 1103–1114, (2012).
 22. D. R. Matthews, J. P. Hosker, A. S. Rudenski, B. A. Naylor, D. F. Treacher, R. C. Turner, "Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man", *Diabetologia*, Vol.28, No.7, pp. 412–419, (1985).
 23. G. B. Wilkerson, N. F. Boer, C. B. Smith, G. W. Heath, "Health-related factors associated with the healthcare costs of office workers", *Journal of Occupational and Environment Medicine*, Vol.50, No.5, pp. 593–601, (2008).
 24. Y. A. Kim, "Trend in prevalence of obesity among older adults in Korea", Korea Centers for Disease Control and Prevention, (2014).
 25. M. Bastien, P. Poirier, I. Lemieux, J. P. Després, "Overview of epidemiology and contribution of obesity to cardiovascular disease", *Progress in Cardiovascular Diseases*, Vol.56, No.4, pp. 369–381, (2014).
 26. G. E. Duncan, "Exercise, fitness, and cardiovascular disease risk in type 2 diabetes and the metabolic syndrome", *Current Diabetes Reports*, Vol.6, No.1, pp. 29–35, (2006).
 27. J. F. Horowitz, "Fatty acid mobilization from adipose tissue during exercise", *Trends in Endocrinology & Metabolism*, Vol.14, No.8, pp. 386–392, (2003).
 28. N. I. Kim, "The Effects of Stair Walking Program on Body Composition, Bone Mineral Density, Blood Pressure and Adiponectin in Menopausal Women", *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.25, No.4, pp. 445–452, (2017).
 29. P. J. Barnes, "Immunology of asthma and chronic obstructive pulmonary disease", *Nature Reviews Immunology*, Vol.8, No.3, pp. 183–192, (2008).
 30. W. K. Lagrand, C. A. Visser, W. T. Hermens, H. W. Niessen, F. W. Verheugt, G. J. Wolbink, C. E. Hack, "C-reactive protein as a cardiovascular risk factor: more than an epiphenomenon?", *Circulation*, Vol.100, No.1, pp. 96–102, (1999).
 31. N. J. Timpson, B. G. Nordestgaard, R. M. Harbord, J. Zacho, T. M. Frayling, A. Tybjærg-Hansen, G. D. Smith, "C-reactive protein levels and body mass index: elucidating direction of causation through reciprocal Mendelian randomization", *International Journal of Obesity*, Vol.35, No.2, pp. 300–308, (2011).

32. H. J. Oh, C. W. Choi, "Relationship of the hs-CRP Levels with FBG, Fructosamine, and HbA1c in Non-diabetic Obesity Adults", *The Korean Journal of Clinical Laboratory Science*, Vol.50, No.2, pp. 190-196, (2018).
33. T. A. Pearson, G. A. Mensah, R. W. Alexander, J. L. Anderson, R. O. Cannon 3rd, M. I. Criqui, Y. Y. Faddl, S. P. Fortmann, Y. Hong, G. L. Myers, N. Rifai, S. C. Smith Jr, K. Taubert, R. P. Tracy, F. Vinicor, "Markers of inflammation and cardiovascular disease: application to clinical and public health practice: a statement for healthcare professionals from the Centers for Disease Control and Prevention and the American Heart Association", *Circulation*, Vol.107, No.3, pp. 499-511, (2003).
34. D. F. Geffken, M. Cushman, G. L. Burke, J. F. Polak, P. A. Sakkinen, R. P. Tracy, "Association between physical activity and markers of inflammation in a healthy physical activity and markers of inflammation in a healthy elderly population", *American Journal of Epidemiology*, Vol.153, No.3, pp. 242-250, (2001).
35. T. E. Graham, Q. Yang, M. Blüher, A. Hammarstedt, T. P. Ciaraldi, R. R. Henry, C. J. Wason, A. Oberbach, P. A. Jansson, U. Smith, B. B. Kahn, "Retinol-binding protein 4 and insulin resistance in lean, obese, and diabetic subjects", *The New England Journal of Medicine*, Vol.354, No.24, pp. 2552-2563, (2006).
36. K. J. Stewart, P. Ouyang, A. C. Bacher, S. Lima, E. P. Shapiro, "Exercise effects on cardiac size and left ventricular diastolic function: relationship to change in fitness, fatness, blood pressure and insulin resistance", *Heart*, Vol.92, No.7, pp. 893-898, (2006).
37. T. S. Han, M. E. Lean, "Metabolic syndrome", *Medicine*, Vol.39, No.1, pp. 24-31, (2011).
38. A. M. Petersen, B. K. Pedersen, "The role of IL-6 in mediating the anti-inflammatory effects of exercise", *Journal of Physiology and Pharmacology*, Vol.57, No.10, pp. 43-51, (2006).
39. R. A. DeFronzo, "From the triumvirate to the „ominous octet“: a new paradigm for the treatment of type 2 diabetes mellitus", *Clinical Diabetology*, Vol.10, No.3, pp. 101-128, (2009).
40. R. D. Brook, R. L. Bard, M. Rubenfire, P. M. Ridker, S. Rajagopalan, "Usefulness of visceral obesity (waist/hip ratio) in predicting vascular endothelial function in healthy overweight adults", *American Journal of Cardiology*, Vol.88, No.11, pp. 1264-1269, (2001).
41. A. D. Arad, F. J. DiMenna, N. Thomas, J. Tamis-Holland, R. Wei, A. Geliebter, J. B. Albu, "High-intensity interval training without weight loss improves exercise but not basal or insulin-induced metabolism in overweight/obese African American women", *Journal of Applied Physiology*, Vol.119, No.4, pp. 352-362, (2015).
42. H. Bruunsgaard, "Physical activity and modulation of systemic low-level inflammation", *Journal of Leukocyte Biology*, Vol.78, No.4, pp. 819-835, (2005).
43. U. N. Das, "Obesity, metabolic syndrome X, and inflammation", *Nutrition*, Vol.18, No.5, 430-432, (2002).
44. C. Dalzell, A. Nigam, M. Juneau, V. Guilbeault, E. Latour, P. Mauriège, M. Gayda, "Intensive lifestyle intervention improves cardiometabolic and exercise parameters in metabolically healthy obese and metabolically unhealthy obese individuals", *Canadian Journal of Cardiology*, Vol.30, No.4, 434-440, (2014).
45. C. J. Lavie, R. Arena, D. L. Swift, N. M. Johannsen, X. Sui, D. Cl Lee, C. P. Earnest, T. S. Church, J. H. O'Keefe, R. V. Milani, S. N. Blair, "Exercise and the cardiovascular system: Clinical science and

- cardiovascular outcomes”, *Circulation Research*, Vol.117, No.2, pp. 207-219, (2015).
46. B. Holmes, G. L. Dohm, “Regulation of GLUT4 gene expression during exercise”, *Medicine and science in sports and exercise*, Vol.36, No.7, pp. 1202-1206, (2004).
 47. G. I. Kourtoglou, “Insulin therapy and exercise”, *Diabetes Research & Clinical practice*, Vol.93, No.1, pp. 73-77, (2011).
 48. N. G. Boulé, G. P. Kenny, E. Haddad, G. A. Wells, R. J. Sigal, “Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus”, *Diabetologia*, Vol.46, No.8, pp. 1071-1081, (2003).
 49. R. S. Vasan, M. G. Larson, E. P. Leip, W. B. Kannel, D. Levy, “Assessment of frequency of progression to hypertensive participants in the Framingham Heart Study: a cohort study”, *Lancet*, Vol.358, No.9294, pp. 1682-686, (2001).
 50. H. C. Kim, C. M. Nam, S. H. Jee, I. Suh, “Comparison of blood pressure associated risk of intracerebral hemorrhage and subarachnoid hemorrhage: Korea Medical Insurance Corporation study”, *Hypertension*, Vol.46, No.2, pp. 393-397, (2005).
 51. Korean CDC. “Survey for the postmenopausal women symptom and behavior”, Final report, (2013).
 52. Korean Society of Hypertension, “2018 Guideline of hypertension treatment”, Seoul: Author, (2018).
 53. V. A. Cornelissen, N. A. Smart, “Exercise training for blood pressure: A systematic review and meta-analysis”, *Journal of the American Heart Association*, Vol.2, No.1, pp. 004473, (2013).
 54. J. S. Jung, “The effect of 12weeks walking exercise on the plasma lipoprotein cholesterol and Apo A-I protein”. *The Korea Journal of Sports Science*, Vol.15, No.4, pp. 661-670, (2006).
 55. F. Dimeo, N. Pagonas, F. Seibert, R. Arndt, W. Zidek, T. H. Westhoff, “Aerobic Exercise Reduces Blood Pressure in Resistant Hypertension”, *Hypertension*, Vol.60, No.3, pp. 653-658. (2012).