

대사질환자의 해풍 걷기 프로그램이 호흡건강에 미치는 영향

신재숙¹ · 김충곤² · 강성미³ · 김현준^{4*}

¹경남대학교 기초과학연구소 교수, ²한국해양과학기술원 해양생태연구센터 책임연구원,

³경남대학교 대학원 박사과정 학생, ^{4*}경남대학교 체육교육학과 교수

Effects of a Sea Breeze Walking Program on Respiratory Health in Patients with Metabolic Diseases

Jae-Suk Shin, Ph.D¹ · Choong-Gon Kim, Ph.D² · Sung-Mi Kang, MS³ · Hyun-Jun Kim, Ph.D^{4*}

¹*Dept. of Basic Science Research Center, Kyungnam University, Professor*

²*Marine Ecosystem Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Principal Research Scientist*

³*Dept. of Physical Education, Kyungnam University, Ph.D-Student*

^{4*}*Dept. of Physical Education, Kyungnam University, Professor*

Abstract

Purpose : This study aims to evaluate the effectiveness of a sea breeze walking program by analyzing the metabolic disease-related, immune-inflammation-related, and respiratory health-related variables of the test subjects associated with improved respiratory health.

Methods : In the experiment, 30 patients with metabolic diseases were divided into an experimental group (n=15) and a control group (n=15). The experimental group walked on the Namparang-gil, Geoje trail, while the control group walked on the Hoeya-cheon, Yangsan trail. Both groups participated in the same walking program for two hours, twice a week for four weeks. Thereafter, the metabolic disease-related, immune inflammation-related, and respiratory health-related variables were measured and compared between the two groups.

Results : After the four-week sea breeze walking program, in terms of changes in the metabolic disease-related variable, a statistically significant interactive effect was found in waist circumference (p<.001). The experimental group showed a significant decrease in waist circumference after the program. After the four-week sea breeze walking program, the control group showed a statistically higher increase in lactic acid (p.<05), whereas the experimental group exhibited a decrease in lactic acid. For the respiratory health-related variables, no statistically significant differences were found after the sea breeze walking program. However, the experimental group showed an increase in FEV1, while the control group showed a decrease in FEV1. For the maximum oxygen intake, no statistically significant interactive differences were found but there was a statistically significant effect in time (p<.05). The two groups exhibited an increase in maximum oxygen intake.

Conclusion : After the sea breeze walking program, positive physical changes were observed in the metabolic disease-related and immune inflammation-related variables.

Key Words : metabolic disease risk factors, people with metabolic diseases, respiratory health and immune-related variables, sea breeze

*교신저자 : 김현준, mb611@hanmail.net

※ 본 연구는 해양수산부 국가연구개발사업(연구개발과제번호 20220027)의 지원을 받아 수행됨.

제출일 : 2023년 10월 12일 | 수정일 : 2023년 11월 13일 | 게재승인일 : 2023년 11월 17일

I. 서론

체내에서 일어나는 화학 반응을 대사(metabolism)라고 하며, 대사 과정 중 많은 부분은 호르몬, 간, 신장과 관련되어 체내 화학 조성 전반에 영향을 주는 과정에서 복부 비만, 고인슐린혈증, 고혈압, 고지혈증, 저고밀도 지단백증 등 일부 지장이 발생한 것을 대사질환이라고 하며, 대사적 위험 인자들이 복합적으로 나타나는 증상을 대사증후군(metabolic syndrome)이라고 한다(Meigs, 2000).

비만은 당뇨병, 이상지혈증, 심혈관질환, 뼈관절염, 암 등 다양한 질병의 유병률을 증가시키며(Cleeman 등, 2001), 특히 심혈관계질환은 고혈압, 혈중 콜레스테롤보다 체지방량과 높은 관련성을 가지고 있다(Segal 등, 1987). 많은 내장지방은 호흡에 관여하는 가로막과 배근육의 활동을 방해하여 불규칙적인 호흡 패턴과 폐활량의 감소를 초래한다(McAuley 등, 2012). 또한 지질대사 장애는 인슐린에 대한 감수성을 떨어뜨려 유리지방산의 생성과 분비를 증가시키는데 유리지방산의 증가는 고인슐린혈증과 인슐린 저항성을 악화시키며, 높은 농도의 유리지방산에 의해 혈중 중성지방 농도가 증가하는 악순환이 거듭된다(Olefsky, 1991). 이러한 생리적 교란뿐 아니라 비만 그 자체로 저등급 전신성 염증(low-grade systemic inflammation)을 유발한다(Ford, 2003).

호흡을 통해 환경에 직접 노출되는 폐는 환경에 영향을 크게 받고, 여러 환경성 질환에 취약하다. 폐가 대기 오염에 노출되면 폐 기능 손상, 만성기관지염, 면역 기능 약화 등을 유발해 천식과 같은 폐 질환을 유발할 수 있다(Pope 등, 2004). 폐 질환 중 만성폐쇄성폐질환은 만성 염증과 골격근 기능장애와 같은 전신적인 영향을 주며(Agustí 등, 2003; Couillard & Prefaut, 2005), 염증 인자는 폐기종을 유발하여 폐 질환의 중증도에 관여하고 만성 폐쇄성폐질환(chronic obstructive pulmonary disease; COPD) 환자의 근 위축과 근 소실에 관여한다(Song 등, 2001).

한편, 해양치유란 해양치유자원을 활용하여 건강을 증진시키는 활동으로 해양치유자원 중 해풍, 해수, 해염, 해양광선, 해양생물 등이 호흡기 건강을 증진시키는 것으로 나타났다(Institute for the promotion of marine and

fisheries science, 2021). 해양치유자원을 활용한 해양광물 요법이 관절염 등 각종 염증 및 통증완화 효과(Fioravanti 등, 2015), 대사질환자가 복합 해양치유 프로그램 참가 후 신체 조성과 혈중지질, C-반응성 단백(C-reactive protein; CRP)의 긍정적인 변화(Kim 등, 2021), 복합 해양치유 프로그램을 통해 폐 기능과 스트레스 관련 변인의 긍정적인 변화(Kim 등, 2022)를 보고한 선행연구가 있으나, 대사질환자를 대상으로 해풍 유산소성 운동을 실시하여 염증과 호흡건강 관련 변인에 관한 연구는 부족한 실정이다.

호흡기 건강을 증진시키고 체지방량을 줄이기 위한 운동방법으로 유산소성 운동인 걷기 운동이 있다. 관련 선행논문을 살펴보면 비만인의 연령이 증가할수록 최대 산소섭취량의 감소 폭이 크지만 규칙적인 유산소성 운동을 통해 개선하였으며(Short & Nair, 2001), 65~75 % HRmax의 강도로 40분 파워 워킹을 12주간 시행한 결과 최대산소섭취량이 증가하였다(Kim, 2012). 또한 규칙적인 유산소 운동은 만성질환 및 심혈관계 질환 발생률을 낮추는 데 효과적이다(Schuler 등, 2013). 따라서 청정 해양자원 중 해풍을 쐬며 걷기 프로그램을 실시하였을 경우 호흡건강 증진에 시너지효과가 발생할 것으로 예상되나 관련한 연구가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대사질환자를 대상으로 해풍을 쐬며 걷기 프로그램을 실시하는 실험군과 거주지에서 걷기 프로그램을 실시하는 대조군으로 구성하여 1회 2시간, 주 2회, 4주동안 걷기 프로그램 처치 후 대사질환자의 면역 및 염증 관련 변인과 호흡건강 관련 변인에 미치는 영향을 분석하여 해풍 걷기 프로그램의 효과를 검증하고자 시도하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 경남 Y시 지역주민 중 본 연구의 목적, 내용, 프로그램 진행 절차, 채혈을 포함한 측정 절차에 관한 설명을 충분히 듣고 연구 참여에 동의하고 자발적으로 신청한 사람들을 대상으로 하였다. 전문 의료

인이 건강기록지로 대사질환(Kim 등, 2022) 해당 여부를 확인한 후 대사질환자를 선정하였다. 대상자 수는 G*Power 3.1.9.7을 이용하여 이원변량반복분석(two-way repeated measures ANOVA)에 필요한 유의 수준(α)=.05, 중간정도의 효과크기=.25, 검정력(1-2종 오류[β])=.85, 유의 수준=.05로 차이분석을 실시할 때 본 연구에서는 26명이 필요하여, 탈락율(약 20%)을 고려하여 약 30명을 선정하였으며 실험군(experimental group; EG, 15명)과 대조군(control group; CG, 15명)으로 우선 신청에 따라 실험에 참가하게 하였다. 연구대상자의 일반적 특성은

표 1과 같다.

대사질환(고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증, 복부비만)의 진단기준은 다음과 같다.

- 1) 혈압: 수축기 혈압 130 mmHg 이상, 이완기 혈압 85 mmHg 이상인 경우
- 2) 중성지방: 150 mg/dL 이상
- 3) 공복혈당: 100 mg/dL 이상
- 4) HDL 콜레스테롤: 남성 40 mg/dL 이하, 여성 50 mg/dL 이하
- 5) 허리둘레: 남성 90 cm 이상, 여성 85 cm 이상

Table 1. Physical characteristics of study subjects

Group	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Gender (n)
EG (n=15)	60.73±3.12	156.80±5.64	61.22±8.61	1.93±.258
CG (n=15)	57.87±4.53	162.56±7.86	63.51±8.28	1.73±.458

Values are the means±SD, EG; experimental group, CG; control group

2. 실험설계 및 절차

대상자 모집 후 대사질환, 면역 및 염증 관련 변인, 호흡건강 변인을 사전측정하고 해풍 걷기 프로그램(4주 주 2회 2시간/1회) 후 동일 항목을 측정하여 측정의 시기별(사전, 사후), 집단별(실험군, 대조군) 차이를 비교하고자 설계되었다.

3. 측정항목 및 방법

1) 신체 조성 및 신체 둘레

10시간 금식 후 프로그램 사전, 사후 2회 체성분 분석기(InBody H20B, InBody, Korea)로 측정하였으며 해당 측정항목은 체중, 체지방률, 근육량, 내장지방이다. 신체 둘레는 인체 측정용 줄자를 이용하여 엉덩이 둘레와 허리 둘레를 측정하였다. 엉덩이 둘레는 선 자세에서 줄자는 두덩뼈 위를 지나 엉덩이의 가장 돌출한 부위를 측정하였고, 두 손을 가슴우리에 교차시켜 편안하게 서게 한 후 평소와 같은 호흡을 하도록 하고, 호흡을 다 내뿜은 후 갈비뼈의 최하단부 뼈(10번째)와 엉덩뼈능선(iliac crest) 사이의 가장 들어간 부분의 둘레를 측정하였다.

2) 혈액 분석

공복 10시간을 유지하여 그 다음날 오전 7~9시에 혈액을 채취하였고, 프로그램 사전, 사후 2회에 걸쳐 각각 동일한 방법으로 좌식 자세에서 약 6 ml를 팔오금정맥(cubital vein)에서 채혈하였다(Baek & Kim, 2019). 이후 항응고제(ethyl diamine tetra acetate; EDTA)로 처리한 전용 튜브에 담아 이송하였으며 의료법인 녹십자의료재단에 분석을 의뢰하였다. 총 콜레스테롤(total cholesterol; TC), 중성지방(triglyceride; TG), 고밀도 콜레스테롤(high density lipoprotein cholesterol; HDL-C), 저밀도 콜레스테롤(low-density lipoprotein; LDL-C), 혈당(glucose)의 분석은 자동생화학분석기(BA200, BioSystems Co., Spain)를 이용하여 분석하였다. 인슐린(insulin)분석은 Millipore Human insulin ELISAKit를 이용하여 분석하였다. 젖산(lactic acid), 코티졸(cortisol), 세로토닌(serotonin), 고감도 C-반응성 단백질(high-C-reactive protein; HS-CRP), 혈액 호산구(eosinophil), IgE(immunoglobulin E) 농도, IL6(interleukin 6), NK세포(natural killer cell) 이다.

3) 호흡건강 변인 측정

호흡건강 측정 변인은 혈압, 최대호기량, 노력성 호기율, 최대산소섭취량이며 프로그램 사전과 사후 2회 측정하였다.

혈압 측정은 안정을 취한 후, 프로그램 자동혈압계(EASY X 800, Jawon Medical, Korea)를 이용하여 측정하였다.

최대호기량(peak expiratory flow; PEF)과 노력성 호기율(forced expiratory volume in one second; FEV₁)의 검사는 휴대용 전자식 자동 폐기능 측정계(Microlife(PF-200), AsiaMedical, Korea)를 사용하여 측정하였다. 측정 시 좌식 자세에서 대상자들은 입에 연결된 마우스 피스를 통해 가장 빠르게 가장 많은 폐활량을 뿜어내도록 하였다. 숙련된 동일한 측정자가 검사를 시행함으로써 숙련되지 못한 폐기능 검사 기술의 잠재적인 역효과를 감소시켰다(Shin 등, 2005). 매 측정 시기마다 3회 시도하도록 하여 PEF, FEV₁가 가장 높게 나타난 수치를 기록하였다.

최대산소섭취량의 측정은 퀸스 스텝검사(McArdle 등, 1972)를 기준하여 스텝핑 빈도 남자 : 96 bpm/분, 여자 : 88 bpm/분, 벤치 높이 : 41.275 cm, 운동시간: 3분을 적용하였고 운동 직후 스마트밴드의 심박수를 측정 후 기록하였다. 아래의 회귀식에 맞추어 최대산소섭취량을 추정하였다.

$$\begin{aligned} \text{최대산소섭취량(남자)} &= 111.33 - (.42 \times \text{심박수}) \\ \text{최대산소섭취량(여자)} &= 65.81 - (.1847 \times \text{심박수}) \end{aligned}$$

4. 해풍 걷기 프로그램

본 해풍 걷기 프로그램의 운영 장소는 경남 거제시 남파랑길과 경남 양산시 회야천 둘레길이다. 본 실험은 대사질환을 가지고 있는 지역민(양산)을 대상으로 2시간/2일/4주 동안 해풍 걷기 프로그램을 실시하였으며, 실험군은 해안가에서 1박 2일 체류형 프로그램을 실시하였다(Table 2, 3). 실시 전, 후의 대사질환, 면역 및 염증, 호흡건강 관련 변인 등의 변화를 분석하고자 시도되었다.

걷기 프로그램은 토요일 오후, 일요일 오전 두 집단 모두 동일한 시간에 진행하였으며 시속 6~8 km(100 m 45~60초)로 비교적 빠르게 걸었다. 팔을 앞뒤로 크게 흔들며 걷고, 발을 내디딜 때 최대한 무릎을 곧게 뻗는 동작으로써 보폭은 키-70 cm 정도의 수준으로 진행하였다. 유효성과 안정성을 위해 걷기의 운동강도는 심폐지구력 향상에 효과적인 중강도(RPE 13 ~ 14, somewhat hard)로 설정(Jeong & Kwon, 2009)하여 실시하였다. 걷기 프로그램 전, 후 호흡을 포함한 스트레칭을 각 15분간 실시하였다.

Table 2. Experimental group sea breeze walking program

Day	Time	Content	Place
Saturday	16:00~16:15	Sea breeze breathing & Stretching	Geoje Namparang-gil
	16:15~17:45	Sea breeze walking	
	17:45~18:00	Sea breeze breathing & Stretching	
Sunday	7:00~7:15	Sea breeze breathing & Stretching	Geoje Namparang-gil
	7:15~8:45	Sea breeze walking	
	8:45~9:00	Sea breeze breathing & Stretching	

Table 3. Control group walking program

Day	Time	Content	Place
Saturday	16:00~16:15	Breathing & Stretching	Yangsan Hoeya-cheon
	16:15~17:45	Walking	
	17:45~18:00	Breathing & Stretching	
Sunday	7:00~7:15	Breathing & Stretching	Yangsan Hoeya-cheon
	7:15~8:45	Walking	
	8:45~9:00	Breathing & Stretching	

5. 자료 분석

연구의 통계처리는 SPSS V.21.0 통계프로그램을 사용하여 각 변인의 기술통계(평균과 표준편차)를 구하였고, 모든 사전 측정값에 대하여 One sample Kolmogorov Smirnov Test를 실시하여 정규성 검증을 확인하였으며 Levene 등분산 F test를 실시하여 등분산성 검증을 확인하였다. 집단 간의 차이 검증은 two-way repeated ANOVA로 분석하였다. 통계적 유의수준은 .05로 설정하

였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 대사질환 관련 변인의 변화

본 연구에서 대사질환자의 해풍 걷기 프로그램에 따

Table 4. Changes in metabolic disease-related variable

Variable	Group	Pre	Post	Source	F	p
TC (mg/dℓ)	EG (n=15)	195.60±30.32	185.20±30.97*	A	5.83	.023 [#]
	CG (n=15)	185.40±36.91	181.13±38.91	B	.34	.564
				A*B	1.02	.321
HDL-C (mg/dℓ)	EG (n=15)	57.00±10.17	58.80±10.52	A	3.20	.084
	CG (n=15)	61.53±15.83	63.00±16.64	B	.80	.379
				A*B	.03	.856
LDL-C (mg/dℓ)	EG (n=15)	120.53±30.39	108.26±28.71*	A	16.06	.000 ^{###}
	CG (n=15)	103.66±26.72	95.46±28.41**	B	2.15	.154
				A*B	.63	.433
TG (mg/dℓ)	EG (n=15)	130.06±56.40	118.06±44.28	A	.23	.632
	CG (n=15)	126.53±102.63	151.53±193.20	B	.14	.710
				A*B	1.90	.179
Glucose (mg/dℓ)	EG (n=15)	85.53±10.21	82.73±9.55*	A	.20	.655
	CG (n=15)	100.40±24.30	100.60±37.24	B	4.18	.050 [#]
				A*B	.27	.607
FFA (μ Eq)	EG (n=15)	544.00±168.99	683.40±238.32	A	5.96	.021 [#]
	CG (n=15)	531.00±317.87	662.46±341.57	B	.04	.841
				A*B	.01	.944
Insulin (uU/Mℓ)	EG (n=15)	9.81±5.91	8.15±2.97	A	4.82	.037 [#]
	CG (n=15)	10.40±12.41	8.59±8.56	B	.03	.860
				A*B	.01	.924
Muscle Mass (kg)	EG (n=15)	20.75±2.87	21.04±3.03	A	5.24	.030 [#]
	CG (n=15)	23.40±5.00	23.60±4.98	B	3.05	.092
				A*B	.20	.660
% Body fat (%)	EG (n=15)	36.80±5.14	36.34±4.97	A	1.15	.293
	CG (n=15)	32.59±7.55	32.52±7.14	B	3.07	.091
				A*B	.60	.444
Waist Circumference (cm)	EG (n=15)	85.66±7.09	80.20±6.80 ^{***}	A	36.30	.000 ^{###}
	CG (n=15)	82.06±7.53	81.80±7.59	B	.15	.705
				A*B	29.86	.000 ^{###}
Hip Circumference (cm)	EG (n=15)	96.33±5.62	95.80±5.46	A	8.06	.008 [#]
	CG (n=15)	96.53±3.81	95.53±3.41 ^{**}	B	.00	.984
				A*B	.75	.395

Values are the means±SD, EG; exercise group, CG; control group, A; time, B; group, A×B; time×group, *, paired t-test, *, p<.05, **, p<.01, ***, p<.001, #; two-way repeated measures ANOVA, #, p<.05, ##, p<.01, ###: p<.001

른 대사질환 관련 변인의 분석 결과는 다음과 같다 (Table 4). 허리둘레에서 유의한 상호작용 효과가 발생하여 사후분석한 결과 실험군이 사후에 대조군보다 감소하였다($p<.001$). 상호작용 효과가 나타나지는 않았지만 TC, LDL-C에서 시기 간 주효과가 나타나 사후분석한 결과 실험군에서 TC, LDL-C가 감소하였고($p<.05$), 대조군에서 LDL-C가 감소하였다($p<.01$). 엉덩이 둘레에서 시기 간 주효과가 나타나 사후분석한 결과 대조군에서 감소하였다($p<.01$). 글루코스에서 집단 간 주효과가 나타났고 사후분석한 결과 실험군에서 감소하였다($p<.05$). 인슐린과 근육량에서 시기 간 주효과가 나타나 사후분석한

결과 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 두 집단 모두 인슐린에서 감소하는 경향이 나타났고, 두 집단 모두 근육량에서 증가하는 경향이 나타났다.

2. 면역 및 염증 관련 변인의 변화

본 연구에서 대사질환자의 해풍 걷기 프로그램에 따른 면역 및 염증 관련 변인의 분석 결과는 다음과 같다 (Table 5). 젖산에서 유의한 상호작용 효과가 발생하여 사후분석한 결과 대조군이 사후에 실험군보다 증가하였고($p<.01$), 실험군은 감소하는 경향이 나타났다.

Table 5. Changes in immune and inflammation-related variables

Variable	Group	Pre	Post	Source	F	p
NK cell (pg/Mℓ)	EG (n=15)	22.73±6.71	22.80±9.38	A	.22	.647
				B	2.32	.139
	CG (n=15)	19.82±5.40	18.70±5.87	A*B	.27	.606
Lactic acid (mg/dℓ)	EG (n=15)	14.23±5.03	11.36±3.28	A	.08	.783
				B	.13	.720
	CG (n=15)	11.69±4.16	15.14±8.14*	A*B	9.43	.005##
Serotonin (ng/Mℓ)	EG (n=15)	2.16±1.22	3.52±2.61	A	.05	.818
				B	1.97	.171
	CG (n=15)	4.90±5.74	3.12±1.96	A*B	3.01	.094

Values are the means±SD, EG; exercise group, CG; control group, A; time, B; group, A×B; time×group, *; paired t-test, *; $p<.05$, #; two-way repeated measures ANOVA, ##; $p<.01$

3. 호흡 건강 관련 변인의 변화

본 연구에서 대사질환자의 해풍 걷기 프로그램에 따른 호흡 건강 관련 변인의 분석 결과는 다음과 같다 (Table 6). 유의한 상호작용 효과가 나타나지 않았으나, FEV₁에서 집단 간 주효과가 나타났고($p<.05$). 사후분석한 결과 유의한 차이가 나타나지 않았으나 실험군에서 증가하는 경향이 나타났고, 대조군에서 감소하는 경향이 나타났다. 최대산소섭취량에서 시기 간 주효과가 나타났고($p<.05$), 사후분석한 결과 유의한 차이가 나타나지 않았으나 두 집단 모두 사후 증가하는 경향이 나타났다.

IV. 고찰

대사질환자를 대상으로 해풍 걷기 프로그램을 2시간, 주 2회, 4주 실시한 후 대상자의 대사와 면역 및 염증 관련 변인의 개선과 그로 인한 호흡 건강 관련 변인의 긍정적 효과를 파악하고자 실시한 본 연구에서 대사질환 관련 변인(허리 둘레), 면역 및 염증 관련 변인(젖산)에서 긍정적인 영향을 미친다는 것을 관련한 항목 분석을 통하여 입증하였다.

비만은 체중, 체지방률 및 허리 둘레에 변화를 일으키는 대사질환이며 유전적 소견과 병리적 현상이 없는 경우 잘못된 생활 습관으로 초래된다(Hill & Melanson, 1999). 단순히 지방조직이 증가된 상태가 아니라 체지방

Table 6. Changes in respiratory health-related variables

Variable	Group	Pre	Post	Source	F	p
Diastolic blood pressure (mmHg)	EG (n=15)	89.20±8.46	89.66±9.69	A	.94	.340
				B	1.83	.187
	CG (n=15)	86.53±10.43	83.80±8.01	A*B	1.88	.182
Systolic blood pressure (mmHg)	EG (n=15)	141.73±12.15	145.13±21.39	A	.12	.731
				B	3.17	.086
	CG (n=15)	134.86±23.67	129.46±16.87	A*B	2.33	.138
PEF (l)	EG (n=15)	368.93±115.66	369.53±115.62	A	.02	.887
				B	1.61	.214
	CG (n=15)	430.00±151.49	425.73±138.30	A*B	.04	.851
FEV ₁ (l)	EG (n=15)	2.11±.36	2.15±.39	A	.15	.707
				B	4.68	.039#
	CG (n=15)	2.53±.64	2.52±.56	A*B	.32	.575
Maximum oxygen intake (Ml/kg/min)	EG (n=15)	44.55±8.77	46.21±6.78	A	5.10	.032#
				B	.24	.627
	CG (n=15)	46.16±8.62	47.65±10.27	A*B	.02	.904

Values are the means±SD, EG; exercise group, CG; control group, A; time, B; group, A×B; time×group, #; two-way repeated measures ANOVA, #; p<.05

과다 축적으로 유리지방산의 활성화에 의한 염증세포 경로를 제공하고(Byun & Park, 2018) 대사성질환의 주된 원인이 되는 염증반응을 일으키는데 이는 고혈압, 당뇨병, 심혈관질환, 각종 암의 발생, 폐쇄성 수면 무호흡증과 같은 호흡기 합병증 유병률을 높이는데 충격적인 영향을 미친다고 하였다(Flier, 2004; Hevener 등, 2010; Libby & Rider, 2004). 또한 비만은 운동능력과 심폐지구력을 저하시키며 폐포동맥 산소 분압차를 증가시켜 운동 시 호흡곤란 등 다양한 증상을 나타낸다(Lattimore 등, 2003). 복부에 축적된 지방은 폐와 가슴우리의 탄성을 저하시키고 복부지방의 가로막 압박이 아래쪽에서 더욱 심하게 나타나며, 이는 호흡기계의 저항을 증가시키고 호흡근에 가해지는 부하의 증가로 호흡 건강에 부정적인 영향을 미친다고 하였다(Alpert 등, 1985). 선행연구에 따르면 비만으로 초래된 체내 염증반응은 신체적 비활동에도 영향을 미치게 되므로 운동의 역할이 중요하다고 하였으며(Park 등, 2019), 운동을 통한 체중감량은 지방조직에서 분비되는 항염증 단백질인 아디포넥틴의 수치를 증가시킨다고 보고하였고(Yang 등, 2001), 신체활동은 혈중 염증농도를 감소시킨다고 하였다(Mattusch 등,

2000). 또한 운동량이 증가하면 염증 감소에 긍정적 효과가 있으며(Geffken 등, 2001), 정상인에 비하여 비만여성이 장기간 운동을 통하여 혈중 염증농도가 감소하였다(Kondo 등, 2006)는 선행연구가 있다.

본 연구에서 대사질환 관련 변인 중 허리 둘레에서 유의한 상호작용 효과가 발생하여 사후분석한 결과 실험군이 사후에 대조군보다 감소하였다(p<.001). TC, LDL-C에서 시기 간 주효과가 나타나 사후분석한 결과 실험군에서 TC, LDL-C가 감소하였고(p<.05), 대조군에서 LDL-C가 감소하였다(p<.01).

이러한 결과는 8주 동안 비만 중년여성을 대상으로 걷기 운동을 실시하여 허리 둘레에 긍정적인 효과(Shin & Kim, 2016)를 보고한 선행연구와 일치하며 허리 둘레는 복부지방의 상태를 나타내는 WHR의 척도로서 걷기 운동이 복부지방을 해소하기 위한 운동으로 적합하다(Kim & Kim, 2010)고 보고한 선행연구와 일치한다. 유산소성 운동은 체지방 감소, TC, TG, LDL-C를 감소시키고 동맥경화의 예방인자로 알려져 있는 HDL-C를 증가시켜 만성질환을 예방할 수 있다(Hartung 등, 1980). 본 연구의 결과 시기 간 실험군에서 TC와 LDL-C가 감소하였고, 대

조군에서 LDL-C가 감소하는 효과가 나타난 것은 비교적 짧은 본 연구의 운동기간으로 인한 점 때문으로 사료되나 추후 운동기간의 재설정으로 접근한다면 유산소성 운동의 유의한 효과가 나타날 수 있을 것으로 보인다. 따라서 장기간의 운동설정으로 대사질환 관련 변인의 혈중지질에서 긍정적으로 유의한 차이가 나타날 것으로 판단된다.

면역 및 염증관련 인자인 젖산은 심장-호흡계 질환자의 진단 기준의 하나로 제안되어온 지표이다(Schmiechen 등, 1997). 최근 연구를 살펴본 바 공복 젖산 수치가 당뇨병을 비롯한 대사증후군과 관련이 있다는 연구들이 발표되었다(Broskey 등, 2020; Erkin-Cakmak 등, 2019; Jones 등, 2019). 또한 젖산은 운동 시 필요한 에너지를 생산하는 대사과정에서 산소 공급이 제대로 이루어지지 않을 때 생겨나는 대사산물의 하나이며, 혈중 젖산농도는 젖산 대사의 활성화 지표 및 운동 수행에 따른 피로의 지표로 널리 이용되고 있다(Kim 등, 1999). 정상인에 비해 비만인은 젖산역치점이 낮아 운동지속시간이 떨어지며, 동맥혈내의 젖산 증가로 대사성산증에 빨리 도달하므로 최대하운동 시 산소소비량이 감소된다(Salvadori 등, 1992).

본 연구에서 면역 및 염증관련 변인 중 젖산에서 유의한 상호작용 효과가 발생하여 사후 분석한 결과 대조군이 사후에 실험군보다 증가하였고($p<.01$), 실험군은 감소하는 경향이 나타났다.

이러한 결과는 복합 치유프로그램을 실시하여 실험군의 젖산이 유의하게 감소하고 대조군은 증가한 경향을 보고한 선행연구(Kim 등, 2022)와 유사한 결과라고 할 수 있다. 본 연구에서 실험대상자의 유산소성 능력을 전반적으로 증가시켜(Jeong & Choi, 1999) 실험군의 젖산 감소경향이 나타난 것으로 보이며, 대조군의 젖산이 증가한 것은 운동환경의 차이로 인한 대조군의 유산소 능력 쇠퇴로 인한 것으로 사료된다. 선행연구에서 노인을 대상으로 한 유산소성 운동이 염증반응에 긍정적 효과가 나타났다고 하였고(Osali, 2020), 관상동맥질환자를 대상으로 한 운동 프로그램에서 항염증 효과가 있었다(Thompson 등, 2020). 또한 고혈압 유발 동물연구에서 발생한 염증반응이 운동을 통해 약화되었고(Lin 등, 2020), 규칙적인 운동이 항염증 효과가 나타났다고(Wannamethee

등, 2002)고 한 선행연구들을 살펴본 바 운동 기간적 측면을 증가하여 접근한다면 본 연구 또한 면역 및 염증관련 인자에서 추가적으로 긍정적인 효과가 나타날 것으로 판단된다.

호흡 기능 검사에서 최대호기량(PEF)과 노력성 호기율(FEV₁)은 중요한 측정지표로 사용되고 있으며(American thoracic society, 1995; Croxton 등, 2002), 호기 유속기(peak flow meter)를 이용한 PEF, FEV₁ 측정은 장비가 저렴하고 휴대하기 편리하여 복잡한 폐활량계 검사에 비하여 측정이 쉽게 검사할 수 있다(Koh 등, 1997). 한편 심폐능력은 건강의 지표일 뿐 아니라 운동수행을 위한 중요한 요소이며 최대산소섭취량(Maximum oxygen intake)으로 표현된다(Hardman & Williams, 1983; Harrison 등, 1980). 유산소성 운동 시 산소는 에너지대사 기질로서 중요한 역할을 담당하고 있다(Hogan & Welch, 1986).

본 연구에서 호흡 건강 관련 변인 중 FEV₁에서 집단간 주효과가 나타났고($p<.05$), 실험군에서 증가하는 경향이 나타났고, 대조군에서 감소하는 경향이 나타났다. 최대산소섭취량에서 시기 간 주효과가 나타났고($p<.05$), 두 집단 모두 사후 증가하는 경향이 나타났다.

이는 복합 치유프로그램을 실시하여 대조군에 비해 실험군에서 PEF, FEV₁가 증가하였다고(Kim 등, 2022) 보고한 선행연구와 유사한 결과라고 할 수 있다. 본 연구의 결과는 해양치유자원인 해풍의 폐기능 증대 효과(Institute for the promotion of marine and fisheries science, 2021)와 걷기 운동의 심폐지구력 증가효과(Ko 등, 2007)의 시너지 효과라고 사료되며 본 연구의 해풍 걷기 프로그램이 호흡 건강에 효과적이라는 것을 증명하였다고 판단된다. 또한 신체 노화에 따라 최대산소섭취량이 감소된다고 하였는데(Fleg & Lakatta, 1988), 본 연구의 결과 두 집단 모두 걷기 프로그램 실시 후 최대산소섭취량이 증가하는 경향이 나타난 것은 유산소성 운동을 통해 많은 산소가 근육에 공급되어 최대심박출량과 일회박출량이 증가됨으로써 결과적으로 최대산소섭취량이 향상되었다고 볼 수 있다(Kim 등, 2008). 따라서 본 연구의 해풍 걷기 프로그램이 실험군의 해양자원 해풍으로 인한 호흡건강의 개선과 유산소성 걷기 프로그램을 통해 심폐지구력을 향상시키는 긍정적인 효과가 나타났다고

보여지며 추가적인 운동기간 설정과 다양한 운동방법 설정을 통하여 대사질환자들에게 도움을 줄 수 있는 후속 연구를 제안한다.

V. 결론

본 연구는 경남 Y시에서 의료인이 건강기록지로 확인한 대사질환자 30명을 대상으로 실험군과 대조군을 나누었다. 실험군은 해풍 걷기프로그램, 대조군은 거주지 걷기프로그램(2시간/2회/4주) 실시 후 두 집단 사이의 대사질환 관련 변인과 염증 및 면역 관련 변인, 호흡건강 관련 변인을 측정하여 비교하였다. 결론은 다음과 같다.

- 1) 4주 해풍 걷기 프로그램 후 대사질환 관련 변인 중 허리 둘레에서 실험군이 사후에 대조군보다 감소하였다.
- 2) 4주 해풍 걷기 프로그램 후 면역 및 염증 관련 변인 중 젖산에서 대조군이 사후에 실험군보다 증가하였다.
- 3) 4주 해풍 걷기 프로그램 후 호흡 건강 관련 변인에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

종합적으로 연구 결과를 검토하여 볼 때 본 연구에서는 4주 해풍 걷기 프로그램 후 대사질환 관련 변인, 면역 및 염증 관련 변인에서 긍정적으로 변화를 보여 대사질환과 면역 및 염증변인의 개선을 위한 효과성을 입증하였다.

면역 및 염증 관련 변인 중 젖산의 경우 실험군은 감소하는 경향이 나타났으나 대조군에서 유의한 차이를 보이며 증가하였다. 피로물질의 지표이자 심혈관질환과 호흡계질환의 지표인 젖산이 해풍 걷기 프로그램을 실시한 실험군에서 감소하는 경향이 나타나고 대조군에서 유의한 차이로 증가한 것은 운동환경 차이로 인한 해풍의 영향으로 실험군에서 긍정적인 경향이 나타났다고 생각된다. 또한 호흡 건강 관련 변인 중 최대산소섭취량의 경우 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만 두 집단 모두 증가하는 경향을 보여 유산소성 걷기 운동의 효과를 입증하였다고 사료되며 좀 더 장기적으로 프로그램을 실행하였을 때 분명한 효과가 나타날 것으로

보인다.

추후 해풍 및 다양한 운동환경과 대상자 설정, 장기적 운동기간을 설정하여 해양자원의 치유 효과를 규명하는 후속 연구실시를 제안한다.

참고문헌

- Agustí AGN, Noguera A, Sauleda J, et al(2003). Systemic effects of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J*, 21(2), 347-360. <https://doi.org/10.1183/09031936.03.00405703>.
- Alpert MA, Terry BE, Kelly DL(1985). Effect of weight loss on cardiac chamber size, wall thickness and left ventricular function in morbid obesity. *Am J Cardiol*, 55(6), 783-786. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(85\)90156-0](https://doi.org/10.1016/0002-9149(85)90156-0).
- American thoracic society(1995). Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 152, S77-121.
- Baek SG, Kim HJ(2019). The effects of 8-weeks brain yoga program on body composition, NK (natural killer) cell, CRP (C-reactive protein), in adult woman. *Kor J Sports Sci*, 28(4), 895-904.
- Broskey NT, Zou K, Dohm GL, et al(2020). Plasma lactate as a marker for metabolic health. *Exerc Sport Sci Rev*, 48(3), 119-124. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000220>.
- Byun YH, Park WY(2018). The role of myokine (interleukin) and exercise for the prevention of sarcopenia and anti-inflammation. *J Korean Appl Sci Technol*, 35(2), 509-518. <https://doi.org/10.12925/jkocs.2018.35.2.509>.
- Cleeman JI, Grundy SM, Becker D, et al(2001). Expert panel on detection, evaluation and treatment of high blood cholesterol in adults. Executive summary of the third report of the national cholesterol education

- program (NCEP) adult treatment panel (ATP III). *JAMA*, 285(19), 2486-2497. <https://doi.org/10.1001/jama.285.19.2486>.
- Couillard A, Prefaut C(2005). From muscle disuse to myopathy in COPD: potential contribution of oxidative stress. *Eur Respir J*, 26(4), 703-719. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00139904>.
- Croxtan TL, Weinmann GG, Senior RM, et al(2002). Future research directions in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 165(6), 838-844. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.165.6.2108036>.
- Erkin-Cakmak A, Bains Y, Caccavello R, et al(2019). Isocaloric fructose restriction reduces serum d-lactate concentration in children with obesity and metabolic syndrome. *J Clin Endocrinol Metab*, 104(7), 3003-3011. <https://doi.org/10.1210/jc.2018-02772>.
- Fioravanti A, Bacaro G, Giannitti C, et al(2015). One-year follow-up of mud-bath therapy in patients with bilateral knee osteoarthritis: a randomized, single-blind controlled trial. *Int J Biometeorol*, 59(9), 1333-1343. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0943-0>.
- Fleg JL, Lakatta EG(1988). Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO₂ max. *J Appl Physiol*, 65(3), 1147-1151. <https://doi.org/10.1152/jap.1988.65.3.1147>.
- Flier JS(2004). Obesity wars: molecular progress confronts an expanding epidemic. *Cell*, 116(2), 337-350. [https://doi.org/10.1016/s0092-8674\(03\)01081-x](https://doi.org/10.1016/s0092-8674(03)01081-x).
- Ford ES(2003). C-reactive protein concentration and cardiovascular disease risk factors in children: findings from the national health and nutrition examination survey 1999-2000. *Circulation*, 108(9), 1053-1058. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000080913.81393.B8>.
- Geffken DF, Cushman M, Burke GL, et al(2001). Association between physical activity and markers of inflammation in a healthy elderly population. *Am J Epidemiol*, 153(3), 242-250. <https://doi.org/10.1093/aje/153.3.242>.
- Gorner K, Reineke A(2020). The influence of endurance and strength training on body composition and physical fitness in female students. *J Phys Educ Sport*, 20, 2013-2020. <https://doi.org/10.7752/jpes.2020.s3272>.
- Hardman AE, Williams C(1983). Exercise metabolism in runners. *Br J Sports Med*, 17(2), 96-101. <https://doi.org/10.1136/bjism.17.2.96>.
- Harrison MH, Bruce DL, Brown GA, et al(1980). A comparison of some indirect methods for predicting maximal oxygen uptake. *Aviat Space Environ Med*, 51(10), 1128-1133.
- Hartung GH, Foreyt JP, Mitchell RE, et al(1980). Relation of diet to high-density-lipoprotein cholesterol in middle-aged marathon runners, joggers, and inactive men. *N Engl J Med*, 302(7), 357-361. <https://doi.org/10.1056/NEJM198002143020701>.
- Hevener AL, Febbraio MA, Stock conference working group(2010). The 2009 stock conference report: inflammation, obesity and metabolic disease. *Obes Rev*, 11(9), 635-644. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00691.x>.
- Hill JO, Melanson EL(1999). Overview of the determinants of overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc*, 31(11 Suppl), S515-521. <https://doi.org/10.1097/00005768-199911001-00005>.
- Hogan MC, Welch HG(1986). Effect of altered arterial O₂ tensions on muscle metabolism in dog skeletal muscle during fatiguing work. *Am J Physiol*, 251(2 Pt 1), C216-C222. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.1986.251.2.C216>.
- Institute for the promotion of marine and fisheries science(2021). Marine healing industry commercialization technology development project planning research report.
- Jeong IG, Choi CS(1999). Effects of 12 week training on adrenocorticotropin and cortisol responses to acute submaximal exercise. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 11, 351-362.
- Jeong ST, Kwon SO(2009). The effects of weight training by intensity for 8 weeks of metabolic syndrome factor improvement in overweight high school students.

- Journal of Life Science, 19(4), 492-501. <https://doi.org/10.5352/JLS.2009.19.4.492>.
- Jones TE, Pories WJ, Houmard JA, et al(2019). Plasma lactate as a marker of metabolic health: Implications of elevated lactate for impairment of aerobic metabolism in the metabolic syndrome. *Surgery*, 166(5), 861-866. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2019.04.017>.
- Kim CK, Kim HC, Lee MG(2008). Effects of 12 weeks of combined exercise training on cardiopulmonary function and metabolic syndrome risk factors in elderly farmers. *Korean J Phys Educ*, 47(4), 377-387.
- Kim HJ, Kim SY, Park JJ, et al(2022). The effect of the Goseong-gun soomchi complex marine healing program on improving lung health. *J Korean Soc Integr Med*, 10(1), 109-118. <https://doi.org/10.15268/ksim.2022.10.1.109>.
- Kim SH(2012). Effects of elastic-band exercise on physical fitness for activities of daily living, muscle mass and pain in elderly women. *Journal of Coaching Development*, 14(1), 67-77.
- Kim US, Kim HJ, Shin JS(2021). The Effects of a combined marine treatment program on blood lipids and CRP in patients with metabolic diseases. *J Korean Soc Integr Med*, 9(4), 139-147. <https://doi.org/10.15268/ksim.2021.9.4.139>.
- Kim WK, Yoon YH, Sung HR(1999). Study on changes of blood lactate, LDH and CPK in Taekwondo competition. *Korean J Sports Med*, 17(1), 124-131.
- Kim YK, Kim KT(2010). The effects of walking exercise on obese factors and WBC, CRP, albumin in the middle aged obese women. *Kor J Sports Sci*, 19(3), 979-986.
- Koh YI, Choi IS, Na HJ, et al(1997). An evaluation of the accuracy of mini-wright peak flow meter. *Tuberc Respir Dis*, 44(2), 298-308. <https://doi.org/10.4046/trd.1997.44.2.298>.
- Ko JY, Yoon SH, Kim BS(2007). Influence of long-term power walking on obese people's cardioactive capacity and blood lipids. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 31, 843-852.
- Kondo T, Kobayashi I, Murakami M(2006). Effect of exercise on circulating adipokine levels in obese young women. *Endocr J*, 53(2), 189-195. <https://doi.org/10.1507/endocrj.53.189>.
- Lattimore JDL, Celermajer DS, Wilcox I(2003). Obstructive sleep apnea and cardiovascular disease. *J Am Coll Cardiol*, 41(9), 1429-1437.
- Libby P, Ridker PM(2004). Inflammation and atherosclerosis: role of C-reactive protein in risk assessment. *Am J Med*, 116(6), 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2004.02.006>.
- Lin YY, Hong Y, Zhou MC, et al(2020). Exercise training attenuates cardiac inflammation and fibrosis in hypertensive ovariectomized rats. *J Appl Physiol*, 128(4), 1033-1043. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00844.2019>.
- Mattusch F, Dufaux B, Heine O, et al(2000). Reduction of the plasma concentration of C-reactive protein following nine months of endurance training. *Int J Sports Med*, 21(1), 21-24. <https://doi.org/10.1055/s-2000-8852>.
- McArdle WD, Katch FI, Pechar GS, et al(1972). Reliability and interrelationships between maximal oxygen intake, physical work capacity and step-test scores in college women. *Med Sci Sports*, 4(4), 182-186.
- McAuley PA, Artero EG, Sui X, et al(2012). The obesity paradox, cardiorespiratory fitness, and coronary heart disease. In *Mayo Clinic Proceedings*, 87(5), 443-451. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2012.01.013>.
- Meigs JB(2000). Invited commentary: insulin resistance syndrome? Syndrome X? Multiple metabolic syndrome? A syndrome at all? Factor analysis reveals patterns in the fabric of correlated metabolic risk factors. *Am J Epidemiol*, 152(10), 908-911. <https://doi.org/10.1093/aje/152.10.908>.
- Olefsky JM(1991). Obesity. In : Harrison T. R editor. *Principles of internal medicine*. 12th ed, New York, McGraw-Hill Inc, pp.411-414.
- Osali A(2020). Aerobic exercise and nano-curcumin supplementation improve inflammation in elderly

- females with metabolic syndrome. *Diabetol Metab Syndr*, 12, 1-7. <https://doi.org/10.1186/s13098-020-00532-4>.
- Ozdogan S(2010). Effects of short-term exercise on heart-rate blood pressure oxidative stress paraoxonase activity and lipid hydroperoxide. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 4(9), 658-661. <https://doi.org/10.5897/AJPP.9000270>.
- Park JY, Shim HY, Lee JC(2019). Effects of regular combined exercise and chlorella supplementation on body composition, inflammatory factor and SOD concentration in middle-aged obese women. *Korean J Sport*, 17(3), 539-552.
- Pope III CA, Burnett RT, Thurston GD, et al(2004). Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*, 109(1), 71-77. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000108927.80044.7F>.
- Salvadori A, Fanari P, Mazza P, et al(1992). Work capacity and cardiopulmonary adaptation of the obese subject during exercise testing. *Chest*, 101(3), 674-679. <https://doi.org/10.1378/chest.101.3.674>.
- Schmiechen NJ, Han C, Milzman DP(1997). ED use of rapid lactate to evaluate patients with acute chest pain. *Ann Emerg Med*, 30(5), 571-577. [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(97\)70071-4](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(97)70071-4).
- Schuler G, Adams V, Goto Y(2013). Role of exercise in the prevention of cardiovascular disease: results, mechanisms, and new perspectives. *European heart journal*, 34(24), 1790-1799. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehd111>.
- Segal KR, Dunaif A, Gutin B, et al(1987). Body composition, not body weight, is related to cardiovascular disease risk factors and sex hormone levels in men. *J Clin Invest*, 80(4), 1050-1055. <https://doi.org/10.1172/JCI113159>.
- Shin JH, Kim MS(2016). The effect of walking exercise on changes in body composition, health-related physical fitness, and metabolic syndrome factors according to obesity level in middle-aged women. *Journal of Coaching Development*, 18(1), 39-46.
- Shin SY, Ho YJ, Kim SJ, et al(2005). The relationship between FEV1 and PEFr in the classification of the severity in COPD patients. *Tuberc Respir Dis*, 58(5), 507-514. <https://doi.org/10.4046/trd.2005.58.5.507>.
- Short KR, Nair KS(2001). Muscle protein metabolism and the sarcopenia of aging. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 11(S1), S119-S127. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.11.s1.s119>.
- Song W, Zhao J, Li Z(2001). Interleukin-6 in bronchoalveolar lavage fluid from patients with COPD. *Chinese Medical Journal*, 114(11), 1140-1142.
- Thompson G, Davison GW, Crawford J, et al(2020). Exercise and inflammation in coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis of randomised trials. *J Sports Sci*, 38(7), 814-826. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1735684>.
- Wannamethee SG, Lowe GD, Whincup PH, et al(2002). Physical activity and hemostatic and inflammatory variables in elderly men. *Circulation*, 105(15), 1785-1790. <https://doi.org/10.1161/hc1502.107117>.
- Yang WS, Lee WJ, Funahashi T, et al(2001). Weight reduction increases plasma levels of an adipose-derived anti-inflammatory protein, adiponectin. *J Clin Endocrinol Metab*, 86(8), 3815-3819. <https://doi.org/10.1210/jcem.86.8.7741>.