

복합운동 및 비트루트 섭취가 중년비만 여성의 간기능 및 심혈관질환 위험인자에 미치는 영향

Effects of combined exercise and beetroot consumption on risk factors for liver function and cardiovascular disease in obese women in middle-aged women

유민우(한국체육대학교 박사과정) · 조준용* (한국체육대학교 교수)

Min-Woo Yu Korea National Sports University·Joon-Yong Cho* Korea National Sports University Professor

요약

본 연구는 비트 루트 섭취와 복합운동이 중년 비만 여성의 간 기능 및 심혈관질환 위험인자에 미치는 영향을 검증하기 위한 목적으로 진행되었다. 이러한 목적에 따라 40~55세의 중년 비만 여성 중 연구 참여 의사를 밝힌 20명을 대상으로 연구를 진행하였다. 이를 위해 비트섭취 및 복합운동집단(n=5), 비트섭취집단(n=5), 복합운동집단(n=5), 통제집단(n=5)으로 구분하고 8주간 연구를 진행하였다. 수집된 자료는 SPSS 25.0 통계프로그램을 이용하여 분석하였으며, 모든 변인의 각 항목에 대한 평균과 표준편차를 산출하고 네 집단 간의 실험 전, 후 항목별 평균값 차이를 비교하기 위해 반복측정에 의한 이원변량분석을 분석하였으며, 집단 간 차이가 있으면 사후검증은 Tukey를 실시하였으며, 상호작용이 있으면 집단 내 차이검증은 대응표본 t-test를 실시하였다. 항목별 통계적 유의도 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다. 이에 따른 결과를 다음과 같이 도출하였다. 비트섭취 및 복합운동집단에서 사전 사후 비교한 결과 모든 변인에서 유의한 차이가 나타났다. 따라서 본 연구에서 시행한 복합운동과 비트섭취는 중년 비만 여성의 간 기능을 향상하고, 심혈관질환 위험인자에 긍정적인 효과를 나타낸다.

Abstract

The purpose of this study was to verify the effect of beetroot intake and combined exercise on liver function and cardiovascular disease risk factors in middle-aged obese women. For this purpose the study was conducted on 20 middle-aged obese women aged 40-55 who expressed their intention to participate in the study. To this end the study was conducted for 8 weeks by dividing the group into a beat intake and complex exercise group (n=5), a beat intake group (n=5), a complex exercise group (n=5), and a control group (n=5). The collected data were analyzed using the spss25.0 statistical program and to calculate the mean and standard deviation for each item of all variables and to compare the difference between the mean values of each item before and after the experiment between the four groups the two-way variable by repeated measurement. analysis was analyzed. If there was a difference between groups Tukey was used for post-test. If there was an interaction a paired sample t-test was performed to verify the difference within the group. The statistical significance level for each item was set to $p < .05$. The results were derived as follows. As a result of pre-post comparison in the beat intake and complex exercise groups significant differences were found in all variables. Therefore, combined exercise and beet intake in this study improved liver function in middle-aged obese women and showed a positive effect on cardiovascular disease risk factors.

Key words : beetroot, cardiovascular disease, combined exercise, liver function, obesity

* chojy86@knsu.ac.kr

I. 서론

특히 중년기 여성은 노화가 시작되는 시기로 신체적 정서적 생리적으로 다양한 변화가 나타나며 에스트로겐 분비의 감소로 인해, 고지혈증, 고혈압, 당뇨와 같이 심혈관계 질환 위험이 증가한다(손현정, 2021).

현대사회에 비만은 전 세계적으로 심각한 질병으로 인식되고 있다. 이에 세계보건기구에서는 비만을 21세기 신종전염병이라고 규정하였으며, 비만의 원인을 서구화된 식생활과 신체활동 부족 고령화 사회로 인해 비만 인구가 점차 증가하고 있다고 보고되고 있다. 또한, 2017년 미만 연구 보고서에 따르면 전세계인구 75억 명 중 22억 명이 비만과 과체중이며, 이는 2014년 기준 20억 명보다 2억 명이 증가한 수치이다(2017,who).

또한, 운동과 심혈관 시스템에 관한 연구에 따르면 운동을 통해 생리적 변화로 혈압감소와 향상된 내피 기능 그리고 모세혈관 밀도증가, 미토콘드리아 밀도증가, 염증 감소, 고혈압, 대사증후군, 당뇨병을 개선하고 심혈관질환 요인을 예방하는 데 영향을 미친다고 보고되었다(Lavie, et al., 2015).

실제로 비만은 심혈관질환 사망 위험에 영향을 미치며, 그밖에 대사성 만성질환뿐만 아니라 심근경색에 위험요소로 간주한다(Blüher, 2019). 따라서 심혈관질환 사망률을 줄이기 위해서는 대사성 증후군의 1차 예방 및 발병률을 줄이는 것이 필요하다.

우리나라 역시 최근 10년간 비만 유병률은 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 2019년 비만 유병률은 33.8%이었으며, 남자에서 41.8% 여자에서 25.0% 발생하였다고 보고하였다 (2019,통계청).

이러한 심혈관질환 위험인자를 개선하기 위해 다양한 방법들이 모색되고 있다. 특히 중년여성을 대상으로 복합운동을 12주간 지속해서 시행하였을 경우 심혈관질환 위험인자인, 체중, 체질량 지수, 혈당, HDL-c, 중성지방 수치 개선에 효과적이었다고 보고되었다(정주하 & 박정준 2018).

하지만 운동 이외에 심혈관질환 위험인자에 영향을 미치는 다른 요소에 관한 연구는 미비한 실정이다.

현재 인구 고령화로 인하여 심혈관질환 환자가 더욱 증가할 것으로 예측되며, 이에 따른 개인과 국가의 경제비용 부담이 매년 상승할 것으로 보고되고 있다(Lloyd, et al., 2010).

최근 질산염이 풍부한 비트 뿌리에 대한 생물학적 적용 과 건강증진 질병 예방을 위해 잠재적인 활용성에 대해 관심이 높아지고 있다. 특히 비트 뿌리 주스에 대한 섭취는 심혈관 건강 예방을 위해 중요한 의미가 있으며, 건강증진 식품으로도 주목받고 있다.

이러한 질산염은 일반적인 공급원에 많이 많은 채소류와 뿌리 채소에 함유되어있다.

이중 비트 뿌리는 높은 함량에 질산염이 포함되어있고 베타인과 항산화제가 많이 함유되어있어 대사증후군 위험요소인 혈압, 허리둘레, 중성지방, 혈당, 콜레스테롤을 개선한다고 보고되었다(Haswell, et al., 2021). 이러한 대사성 증후군의 이상은 심혈관질환 위험인자와도 밀접한 관련이 있다.

또 다른 선행 연구에 의하면 비트 루트는 섭취는 당뇨병, 고혈

압, 인슐린 저항성 및 신장기능과 대사장애에 관여하고, 기능을 완화해주는 효과가 있으며, 수축기혈압을 낮추고 혈당을 감소시키며, 인슐린 항상성을 개선하고, 신장을 보호하는 특성을 갖는다고 보고되었다(Mirmiran, et al., 2020).

특히 질산염이 풍부한 비트 뿌리 주스는 혈관 확장을 도모하고 질산염의 원천인 비트 뿌리 섭취는 생체 내 산화질소(NO) 가용성을 증가시키는 역할을 하며, 혈류개선과 특히 고혈압 및 항염증에 효과에 좋으며, 내피 기능을 보존하고, 혈관 확장을 통해 혈압을 줄이며 비트 속에 함유되어있는 안토시아닌은 심혈관계 질환을 관리하는 데 도움이 된다고 보고되고 있으며(Clifford, et al., 2015), 질산염이 풍부한 비트 주스 섭취에 따라서 수축기 및 이완기 혈압이 감소하였다고 알려져 있다(Raubenheimer, et al., 2016).

또한, 비트에 함유되어있는 베타인 성분은 비트 뿌리에 존재하는 화합물로 붉은색 소를 다량으로 함유하고 있으며, 세포 손상을 억제하고 항산화 작용으로 염증 완화에 효과가 있으며, 베타인이 함유된 비트 뿌리 보충제 섭취 후 총콜레스테롤, LDL콜레스테롤을 감소시켰으며, 수용성 아미노산 성분으로 인해 항산화 효과가 있다고 보고 되었다(Rahimi, et al., 2019).

또 다른 연구에 따르면 베타인은 간의 해독 작용을 돕고 간의 세포를 재생시키며, 항염증 반응을 조절하는 역할을 하고 사이토카인으로 치료된 내피세포에서 세포 간세포 접착분자를 효과적으로 억제하는 것으로 보고되었다(Gentile, et al., 2016).

이처럼 운동을 통한 심혈관질환 위험인자에 미치는 연구들은 다양한 결과를 보이나, 비트섭취와 운동을 병행 하였을 때 간 기능 및 심혈관계의 상관관계에 관한 연구가 많이 부족한 실정이다. 비만은 지방간의 발생빈도를 상승하는 주요 원인으로, 비트의 베타인 성분이 간세포의 활성화를 도와 간 기능향상에 도움을 주며, 비트의 염소성분은 간과 신장 등 장기 속 유해물질을 해독하는 것으로 알려져 있는데, 이는 체내 신체 내부의 장기를 건강하게 만들어 주는 역할을 한다(Clements, et al., 2014).

이처럼 비트 루트는 효율성 면에서 건강에 미치는 영향이 넓고, 최근 여러 형태의 건강 보조식품이 출시되고 있지만, 특히 비트 뿌리는 뿌리채소로 체내에 흡수되면 뛰어난 효과가 많지만 이에 관한 연구는 미흡한 실정이다

따라서 본연구는 8주간 중년 비만 여성을 대상으로 질산염이 풍부한 비트 루트 주스 섭취를 통하여 신체 구성, 혈압, 혈중지질 간 기능 및 심혈관질환 위험인자에 미치는 변화를 과학적인 근거를 바탕으로 규명하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 경기도 J 스포츠센터 등록 중인 40세 이상 55세 이하 중년 비만 여성으로 선정하였다. 대상자는 체질량지수 30% 이상 최근 6개월 이내에 규칙적이고 체계적인 훈련에 참여한

경험이 없고, 혈압 및 약물을 복용하지 않으며, 심폐질환과 비흡연, 심혈관 요인에 직접적 영향을 미칠 수 있는 보충제 및 약물복용이 없는 자발적인 참여자들로 선정하였다. 최종 선정된 대상자는 비트섭취 및 운동집단 5명 운동집단 5명, 비트 집단 5명 통제집단 5명으로 배정되었다. 본 연구는 한국체육대학교 윤리위원회의 승인을 받은 후 실시되었다. 이들 연구대상의 신체적 특성은 <표 1>에서 보는 바와 같다.

1. 만 40세 55이하 중년 비만여성
2. BMI> 30에 해당하는 여성
3. 특정질환이나 의학적 치료를 받지 않는 여성
4. 사전 설명 숙지한 후 실험실 검사에 자발적 동의한 여성

표 1. 신체지 특성

	Age(yr)	Hight(cm)	Weight(kg)
대상자 (n=20)	46.05±2.04	162.70±5.41	74.87±7.07

2. 연구 내용 및 절차

본 연구 연구대상자 총 20명을 비트섭취 및 복합운동집단(n5명)과 운동집단(n5명), 비트섭취집단(n5명), 통제집단(n5명)으로 구분하였다. 비트 섭취 집단은 8주간 공복에 비트 루트 주스 250mL를 섭취하였고, 운동집단은 8주간 복합운동프로그램 유산소운동 저항운동을 실시하였다.

총 운동시간은 1일 1시간 30분 주 3회로 구성하였으며, 본 연구에서 관찰된 측정된 순서는 및 내용은 신체 구성 성분 체지방률, 복부 비만율, 내장지방면적, 당화혈색소, 혈압, 간 기능, 혈중지질에 미치는 영향을 알아보기 위해 혈액분석을 시행하였고 8주간의 복합운동과 비트 루트 주스 섭취 처치를 실시한 후 8주 후에 사전과 같은 방법으로 측정하고, 집단별 변화 여부를 관찰하였다.

1) 신체 구성 측정

신체 구성 성분을 측정하기 위해 피험자의 공복 상태를 유지한 후 자동신장계 DS-103M(Jenix)를 이용하여 신장을 측정하였고, 체성분 분석기 Inbody 770(Inbody CoKorea)을 사용하여, 체중, 체지방률, 복부 비만율, 내장비만 면적을 측정하였다. 측정의 오차범위를 줄이기 위해 공복 상태를 유지하고, 신체활동을 제한하였다.

2) 혈액측정 검사

혈액측정을 위하여 전날 밤 8시부터 다음날 9시까지 금식을 유지한 후 오전 10시경 피험자들의 상완정맥으로부터 간호사에 의해 실험대상자의 상완정맥에 카테터를 삽입시키고 안정 시 대상자가 항행 거리 상태에 도달한 후 10mL 혈액을 채취한 뒤 상온에서 30분간 배양하고 원심분리(3,000 rpm) 10~15분 동안 혈청을 분리한 후 김포 Y 병원 실험실에서 혈액분석을 의뢰하였다.

혈액 변인으로는 혈중지질 T.C(총콜레스테롤),T.G(중성지방), HDL(HDL-Cholesterol), LDL(LDL Cholesterol), 간기능검사 AST,ALT, 당화혈색소(HbA1c)를 분석하였다.

3) 혈압 검사

혈압은 수축기혈압(systolic blood pressure: SBP)과 이완기 혈압(systolic blood pressure: SBP)을 상완동맥에서 측정하였으며 10분간 누운 상태에서 충분히 휴식을 취한 후, 자동혈압계(UA-711, Japan)를 이용하여 측정하였다.

3. 복합 운동 프로그램

본연구의 운동프로그램은 8주간 주 3회로 1일 90분 동안 저항운동과 유산소운동 순으로 실시하였다. 운동초기 1 RM의 40~50% 운동 중기부터 최대강도 60%로 주 3회 근력운동 프로그램 50분을 실시하였다. 유산소운동은 여유심박수(HRR)의 60~70%에 해당하는 강도를 유지하기 위해 ACSM의 공식으로 산출하여 30분 걷기 운동을 구성하였다. 본 연구의 복합 운동프로그램은 <표 2>와 같다.

표 2. Combined exercise program

Modes	Contents & Set	Time (min)	RPE
Warm up	prepare body stretching	5	
Main EX	Level 1~3 week Bench press, Squat, Shoulder press, push-up, Sit up, Leg press, Lateral raise, Crunch	80	12~14
	Level 3~6 week Lat pull down, Crunch, Leg raise, Chest press, Lunge, Arm curl, Plank, Deadlife		
	Level 6~8 week Back extension, Calf raise, Wide squirt, Push-up, Bench press, Leg press, Crunch		
	60~70% HRmax 30 min, 40~65% 1RM 50 min Total 3 set (3day/week) Weight training, Treadmil		
Cool down	Recovery body stretching	5	

4. 비트섭취 방법

한국식품 영양학회에서 권장하는 하루 비트 섭취량은 비트 한 개 정도에 해당하는 양 350g이다.

샐러드마켓 사의 BEET ROOT JUICE (250ml, nitrate 150g 함유)를 사용하였으며, (비트100%)포함하는 비트주스 250ml 직접가공한 제품을 사용하였다.

BTEX(비트섬취집단+운동) BT(비트집단)피험자들에게 8주동안 1일1회 비트주스를 복용하게 하였다. 섬취 방법은 아침 기상 직후 공복 시에 섬취하도록 하였으며, 섬취하는 동안 평소 식습관 및 생활습관을 유지하도록 하였다. 또한, 비트 주스 제공방법은 일주일 치 분량을 냉장 보관 후 직접 제공하였다.

III. 연구결과

표 3. 신체 구성 성분

		BTEX (n=5)	EX (n=5)	BT (n=5)	CON (n=5)		F	p
weight (kg)	pre	75.56 ±4.06	72.72 ±10.06	73.50 ±5.01	77.68 ±8.72	T	.514	.001
						G	1.294	.001
	post	65.52 ±3.15	65.68 ±9.34	71.14 ±4.52	77.86 ±8.27	T×G	.729	.001
body Fat (%)	pre	75.56 ±4.06	72.72 ±10.06	73.50 ±5.01	77.68 ±8.72	T	.651	.001
						G	4.956	.05
	post	65.52 ±3.15	65.68 ±9.34	71.14 ±4.52	77.86 ±8.27	T×G	7.761***	.001
Visceral Fat	pre	99.80 ±21.60	95.60 ±24.71	89.80 ±11.21	107.00 ±6.96	T	1.389***	.01
						G	2.616	.01
	post	62.00 ±19.29	75.60 ±20.31	85.00 ±9.62	106.90 ±7.25	T×G	7.558***	.001
WHR	pre	0.87 ±0.04	0.84 ±0.05	0.85 ±0.03	0.87 ±0.02	T	4.554	.01
						G	1.772	.05
	post	0.82 ±0.02	0.81 ±0.03	0.84 ±0.02	0.87 ±0.01	T×G	13.897***	.001

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

표 4 혈압 및 간수치

		BTEX (n=5)	EX (n=5)	BT (n=5)	CON (n=5)		F	p
수축기혈압	pre	143.20 ±2.39	138.20 ±7.29	141.40 ±3.36	139.40 ±5.77	T	2.151	.001
						G	0.420	.001
	post	124.60 ±2.61	130.00 ±4.18	126.40 ±3.65	138.40 ±5.03	T×G	.580	.001
이완기혈압	pre	82.40 ±8.73	76.40 ±4.10	76.40 ±9.94	78.60 ±1.67	T	.877	2.00
						G	1.304	-2.60
	post	80.40 ±1.52	79.00 ±3.08	79.20 ±1.10	80.20 ±2.28	T×G	.443	-1.60
AST	pre	33.00 ±3.46	27.60 ±7.60	30.60 ±5.55	33.80 ±4.55	T	3.262***	.001
						G	5.077*	.05
	post	15.80 ±1.10	21.20 ±4.49	16.00 ±3.39	33.40 ±4.04	T×G	8.887***	.001
ALT	pre	45.80 ±4.82	37.80 ±11.65	35.60 ±1.82	44.20 ±7.22	T	5.515***	.001
						G	6.811**	.01
	post	15.40 ±1.14	28.00 ±5.66	19.40 ±2.51	44.20 ±7.05	T×G	1.989***	.001

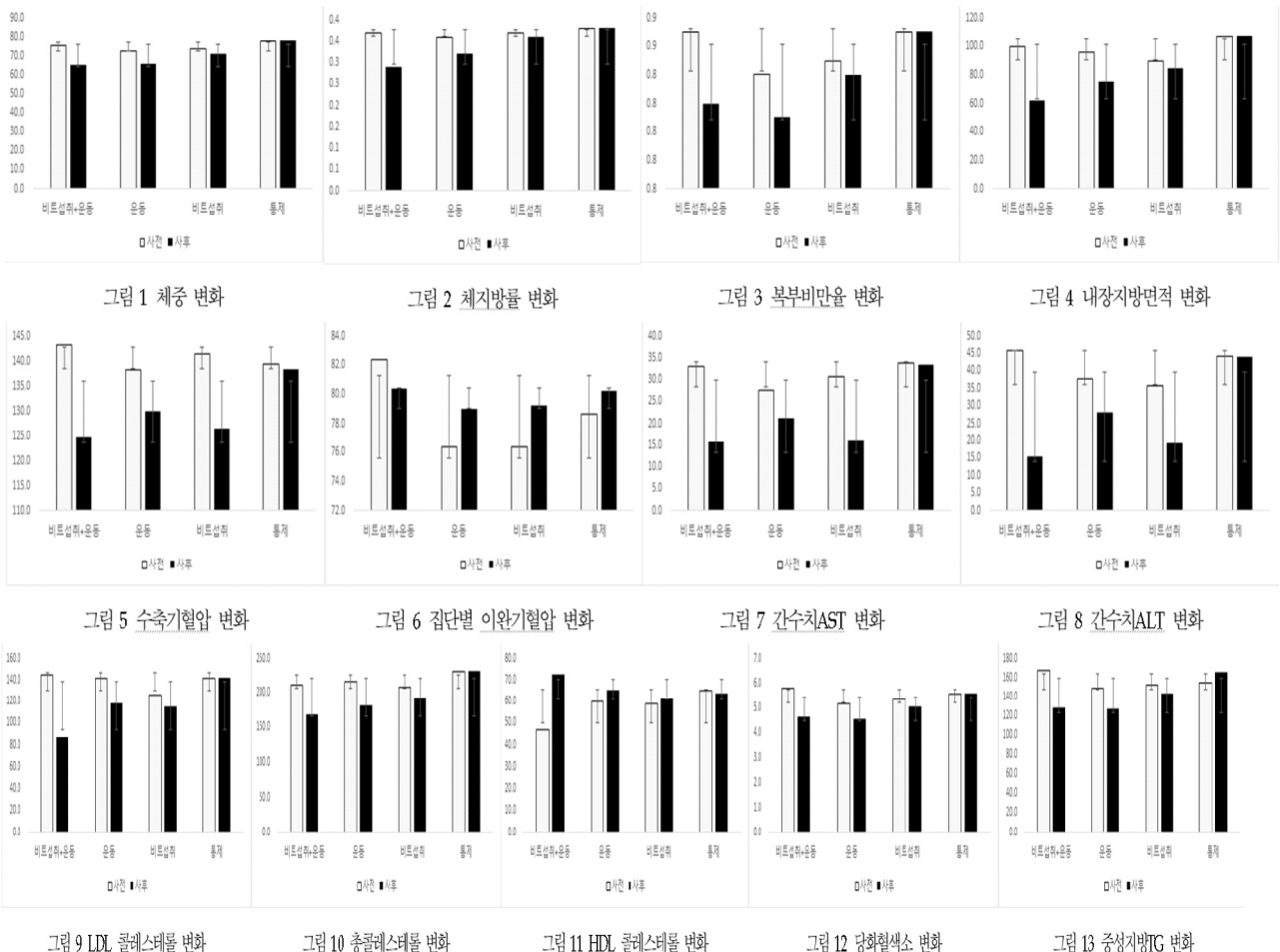
*p<.05, **p<.01, ***p<.001

5. 자료처리방법

본 연구의 결과는 윈도우용 SPSS 25.0을 통계프로그램을 이용하여 산출하였고 모든 변인의 각 항목에 대한 측정항목별 평균과 표준편차를 산출하였으며, 네 집단의 실험 전,후 항목별 평균값 차이를 비교하기 위해 반복측정에 의한 이원변량분석(Two-way ANOVA by Repeated Measure)을 하였으며, 집단 간 차이가 있으면 사후검증은 Tukey를 실시하였다. 시 기간 차이와 상호작용이 있을 경우 집단 내 차이검증은 대응표본 t-test(Paired sample t-test)를 실시하였다. 각 항목별 통계적 유의수준은 p<.05로 설정하였다.

표 5. 혈중지질 및 당화혈색소

		BTEX (n=5)	EX (n=5)	BT (n=5)	CON (n=5)		F	p
T.C	pre	212.00 ±8.63	215.34 ±12.65	207.80 ±5.26	230.60 ±24.91	T	5.964***	.001
						G	7.573**	.01
	post	167.40 ±5.7	180.60 ±11.35	192.40 ±2.88	231.60 ±24.91	T×G	2.242***	.001
LDL	pre	144.40 ±5.32	141.80 ±11.56	126.00 ±10.17	141.60 ±11.06	T	5.764***	.001
						G	5.110*	.05
	post	87.20 ±11.76	117.80 ±11.21	115.40 ±14.33	142.20 ±11.19	T×G	1.666***	.001
HDL	pre	46.60 ±8.76	59.80 ±9.91	58.80 ±7.40	65.00 ±8.09	T	7.443*	.05
						G	.397	.05
	post	72.40 ±2.51	65.20 ±9.20	61.20 ±7.19	63.60 ±7.50	T×G	8.050***	.001
T.G	pre	167.60 ±10.29	149.00 ±9.62	152.00 ±8.46	154.40 ±11.84	T	0.982**	.01
						G	2.775	.01
	post	127.80 ±5.02	127.20 ±6.30	143.60 ±8.02	165.00 ±32.01	T×G	7.696***	.001
Hb1ac	pre	5.80 ±0.48	5.14 ±0.81	5.33 ±0.60	5.54 ±0.63	T	7.095***	.001
						G	1.282	.001
	post	4.60 ±0.38	4.54 ±0.56	5.03 ±0.53	5.58 ±0.56	T×G	2.682***	.001



1. 복합운동 및 비트루트 섭취에 따른 신체구성변화

1) 집단별 체중의 변화

비트섭취 집단의 경우 사후 평균이 71.14(SD=4.52)점으로 사전 73.50(SD=5.01)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였고($t=10.290$, $P<.011$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 77.86(SD=8.27)점으로 사전 77.68(SD=8.72)점에 비해 다소 높았으나 유의한 차이는 아니었다.

또한, 이원변량분석 결과, 시간 변수에 또한 체중에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고($F=416.514$, $P<.001$), 집단과의 상호작용에서도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=162.729$, $P<.001$).

2) 집단별 체지방률 변화

집단별 체지방률 변화를 살펴본 결과는 <표4>와 같다. 비트섭취+운동집단의 경우 사후 평균이 .29(SD=.02)점으로 사전 .37(SD=.02)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=10.622$, $P<.001$), 운동집단에서도 사후 평균이 .32(SD=.02)점으로 사전 .36(SD=.04)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였다($t=5.206$, $P<.01$).

비트섭취 집단의 경우 사후 평균이 .36(SD=.01)점으로 사전 .37(SD=.02)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였고($t=3.292$, $P<.05$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 .38(SD=.03)점으로 사전 .38(SD=.03)점과 유사하여 유의한 차이는 아니었다. 이원변량분석 결과, 집단($F=4.956$, $P<.05$)과 시간($F=93.651$, $P<.001$) 그리고 상호작용($F=37.716$, $P<.001$)에서 모두 체지방률에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

3) 집단별 내장지방면적 변화

집단별 내장지방면적 변화를 살펴본 결과는 <표5>와 같다. 비트섭취+운동집단의 경우 사후 평균이 62.00(SD=19.29)점으로 사전 99.80(SD=21.60)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=24.199$, $P<.001$), 운동집단에서도 사후 평균이 75.60(SD=20.31)점으로 사전 95.60(SD=24.71)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=6.860$, $P<.01$).

비트섭취 집단의 경우 사후 평균이 85.00(SD=9.62)점으로 사전 89.80(SD=11.21)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였고($t=5.580$, $P<.01$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 106.90(SD=7.25)점으로 사전 107.00(SD=6.96)점에 비해 다소 높았으나 유의한 차이는 아니었다. 또한, 이원변량분석 결과, 시간($F=261.389$, $P<.01$)과 상호작용($F=107.558$, $P<.001$)에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

4) 집단별 복부 비만을 변화

집단별 복부 비만을 변화를 살펴본 결과는 <표6>과 같다. 비트섭취+운동집단의 경우 사후 평균이 .82(SD=.02)점으로 사전 .87(SD=.04)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=5.976$, $P<.01$), 운동집단에서도 사후 평균이 .81(SD=.03)점으로 사전 .84(SD=.05)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=3.354$,

$P<.05$). 비트섭취 집단의 경우 사후 평균이 .84(SD=.02)점으로 사전 .85(SD=.03)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였고($t=4.000$, $P<.05$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 .87(SD=.01)점으로 사전 .87(SD=.02)점과 유사하여 유의한 차이는 아니었다. 이원변량분석 결과, 시간($F=44.554$, $P<.01$)과 상호작용($F=13.897$, $P<.001$)은 복부 비만에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

2. 복합운동 및 비트 루트섭취에 따른 혈압변화

1) 집단별 수축기 혈압변화

집단별 수축기 혈압 변화를 살펴본 결과는 <표 7>과 같다. 비트섭취+운동집단의 경우 사후 평균이 124.60(SD=2.61)점으로 사전 143.20(SD=2.39)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=9.592$, $P<.001$), 운동집단에서도 사후 평균이 130.00(SD=4.18)점으로 사전 138.20(SD=7.29)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=3.582$, $P<.05$).

비트섭취 집단의 경우 사후 평균이 126.40(SD=3.65)점으로 사전 141.40(SD=3.36)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였고($t=11.859$, $P<.001$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 138.40(SD=5.03)점으로 사전 139.40(SD=5.77)점에 비해 다소 감소하였으나 유의한 차이는 아니었다.

또한, 이원변량분석 결과, 시간($F=200.420$, $P<.001$)과 상호작용($F=20.560$, $P<.001$)에서 수축기 혈압에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

2) 집단별 이완기 혈압변화

집단별 이완기 혈압변화를 살펴본 결과는 <표 8>과 같다. 비트섭취+운동집단의 경우 사후 평균이 80.40(SD=1.52)점으로 사전 82.40(SD=8.73)점에 비해 감소하였으나 유의한 차이는 아니었고, 운동집단에서 사후 평균이 79.00(SD=3.08)점으로 사전 76.40(SD=4.10)점에 비해 증가하였으나 유의한 차이는 아니었다.

비트섭취 집단의 경우 사후 평균이 79.20(SD=1.10)점으로 사전 76.40(SD=9.94)점에 비해 증가하였으나 유의한 차이는 아니었고, 통제집단의 경우에는 사후 평균이 80.20(SD=2.28)점으로 사전 78.60(SD=1.67)점에 비해 다소 높았으나 유의한 차이는 아니었다. 이원변량분석 결과, 집단과 시간 그리고 상호작용에서 모두 이완기 혈압에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

3. 복합운동 및 비트 루트섭취에 따른 간 수치 변화

1) 집단별 간 수치 AST 변화

집단별 간 수치 AST 변화를 살펴본 결과는 <표 9>와 같다. 비트섭취+운동집단의 경우 사후 평균이 15.80(SD=1.10)점으로 사전 33.00(SD=3.46)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=11.244$, $P<.001$), 운동집단에서도 사후 평균이 21.20(SD=4.49)점으로 사전 27.60(SD=7.60)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=4.080$, $P<.05$).

비트선택 집단인 경우 사후 평균이 16.00(SD=3.39)점으로 사전 30.60(SD=5.55)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였고($t=6.031$, $p<.01$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 33.40(SD=4.04)점으로 사전 33.80(SD=4.55)점에 비해 다소 감소하였으나 유의한 차이는 아니었다.

또한, 이원변량분석 결과, 집단($F=5.077$, $p<.05$)과 시간($F=283.262$, $p<.001$) 그리고 상호작용($F=18.887$, $p<.001$)에서 모두 간 수치 AST에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

2) 집단별 간 수치 ALT 변화

집단별 간 수치 ALT 변화를 살펴본 결과는 <표 10>과 같다. 비트선택+운동집단의 경우 사후 평균이 15.40(SD=1.14)점으로 사전 45.80(SD=4.82)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=13.255$, $p<.001$), 운동집단에서도 사후 평균이 28.00(SD=5.66)점으로 사전 37.80(SD=11.65)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였다($t=3.296$, $p<.05$).

비트선택 집단인 경우 사후 평균이 19.40(SD=2.51)점으로 사전 35.60(SD=1.82)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였고($t=20.250$, $p<.001$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 44.20(SD=7.05)점으로 사전 44.20(SD=7.22)점과 유사하여 유의한 차이는 아니었다. 또한, 이원변량분석 결과, 집단($F=6.811$, $p<.01$)과 시간($F=145.515$, $p<.001$) 그리고 상호작용($F=51.989$, $p<.001$)에서 모두 간 수치 ALT에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

4. 혈중지질 변화

1) 집단별 총콜레스테롤 변화

집단별 총콜레스테롤 변화를 살펴본 결과는 <표 11>과 같다. 비트선택+운동집단의 경우 사후 평균이 167.40(SD=5.77)점으로 사전 212.00(SD=8.63)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=11.270$, $p<.001$), 운동집단에서도 사후 평균이 180.60(SD=11.35)점으로 사전 215.34(SD=12.65)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였다($t=14.127$, $p<.001$).

비트선택 집단인 경우 사후 평균이 192.40(SD=2.88)점으로 사전 207.80(SD=5.26)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였고($t=8.804$, $p<.001$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 231.60(SD=24.91)점으로 사전 230.600(SD=24.91)점에 비해 다소 증가하였으나 유의한 차이는 아니었다.

또한, 이원변량분석 결과, 집단($F=7.573$, $p<.01$)과 시간($F=225.964$, $p<.001$) 그리고 상호작용($F=82.242$, $p<.001$)에서 모두 총콜레스테롤에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

2) 집단별 LDL콜레스테롤 변화

집단별 LDL콜레스테롤 변화를 살펴본 결과는 <표 12>와 같다. 비트선택+운동집단의 경우 사후 평균이 87.20(SD=11.76)점으로 사전 144.40(SD=5.32)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며

($t=8.875$, $p<.001$),

운동집단에서도 사후 평균이 117.80(SD=11.21)점으로 사전 141.80(SD=11.56)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였다($t=21.049$, $p<.001$).

비트선택 집단인 경우 사후 평균이 115.40(SD=14.33)점으로 사전 126.00(SD=10.17)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였고($t=4.306$, $p<.05$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 142.20(SD=11.19)점으로 사전 141.60(SD=11.06)점에 비해 다소 증가하였으나 유의한 차이는 아니었다.

또한, 이원변량분석 결과, 집단($F=5.110$, $p<.05$)과 시간($F=545.764$, $p<.001$) 그리고 상호작용($F=41.666$, $p<.001$)에서 모두 LDL콜레스테롤에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

3) 집단별 HDL콜레스테롤 변화

집단별 HDL콜레스테롤 변화를 살펴본 결과는 <표 13>와 같다. 비트선택+운동집단의 경우 사후 평균이 72.40(SD=2.51)점으로 사전 46.60(SD=8.76)점에 비해 증가하여 유의한 차이를 보였으며($t=-6.653$, $p<.01$), 운동집단에서 사후 평균이 65.20(SD=9.20)점으로

사전 59.80(SD=9.91)점에 비해 증가하였으나 유의한 차이는 아니었다.

비트선택 집단인 경우 사후 평균이 61.20(SD=7.19)점으로 사전 58.80(SD=7.40)점에 비해 증가하여 유의한 차이를 보였고($t=-4.000$, $p<.05$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 63.60(SD=7.50)점으로 사전 65.00(SD=8.09)점에 비해 다소 감소하였으나 유의한 차이는 아니었다.

또한, 이원변량분석 결과, 시간($F=17.443$, $p<.05$)과 상호작용($F=18.050$, $p<.001$)에서 모두 HDL콜레스테롤에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나 집단 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

4) 집단별 중성지방TG 변화

집단별 중성지방 TG 변화를 살펴본 결과는 <표 14>와 같다. 비트선택+운동집단의 경우 사후 평균이 127.80(SD=5.02)점으로 사전 167.60(SD=10.29)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=13.700$, $p<.001$), 운동집단에서 사후 평균이 127.20(SD=6.30)점으로 사전 149.00(SD=9.62)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였다($t=9.434$, $p<.001$).

비트선택 집단인 경우 사후 평균이 143.60(SD=8.02)점으로 사전 152.00(SD=8.46)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였고($t=4.802$, $p<.01$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 165.00(SD=32.01)점으로 사전 154.40(SD=11.84)점에 비해 다소 증가하였으나 유의한 차이는 아니었다.

또한, 이원변량분석 결과, 시간($F=20.982$, $p<.01$)과 상호작용($F=17.696$, $p<.001$)에서 모두 중성지방 TG에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

5) 집단별 당화혈색소 변화

집단별 당화혈색소 변화를 살펴본 결과는 <표 15>와 같다. 비트 섭취+운동집단의 경우 시후 평균이 4.60(SD=.38)점으로 사전 5.80(SD=.48)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였으며($t=21.909$, $p<.001$), 운동집단에서 사후 평균이 4.54(SD=.56)점으로 사전 5.14(SD=.81)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였다($t=5.071$, $p<.001$).

비트섭취 집단의 경우 사후 평균이 5.03(SD=.53)점으로 사전 5.33(SD=.60)점에 비해 감소하여 유의한 차이를 보였고($t=7.348$, $p<.001$), 통제집단의 경우에는 사후 평균이 5.58(SD=.56)점으로 사전 5.54(SD=.63)점에 비해 다소 증가하였으나 유의한 차이는 아니었다.

또한, 이원변량분석 결과, 시간($F=167.095$, $p<.001$)과 상호작용($F=62.682$, $p<.001$)에 따라 당화혈색소에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

IV. 논의

본 연구는 체지방률 30% 이상인 중년 비만 여성을 대상으로 8주간 비트 루트 주스 섭취와 복합운동을 통해 중년 비만 여성의 간 기능과 심혈관질환 위험인자에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하는 데 그 목적이 있다.

현재 심혈관질환은 전 세계적으로 압 다음으로 많은 사망자가 증가하고 있는 심각한 건강 질환 문제이다. 특히 비만, 고혈압, 고지혈증, 당뇨병은, 혈중지질 이상을 유발하여 심혈관질환의 위험을 유발하는 원인이 된다. 복부지방과 내장지방의 축적은 신진대사와 호르몬의 불균형을 유발하고, 혈중지질의 이상으로 심혈관계 질환의 위험률을 상승시킨다(Csige, et al., 2015).

따라서 본연구에서 중년 비만 여성의 비트 루트 주스 섭취와 복합운동을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째 비트섭취와 복합운동프로그램을 적용은 신체 구성에서 체중 체지방률 복부 지방을 내장지방면적은 비트섭취와 복합운동집단에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

선행연구에 따르면 비만 집단과 통제집단에서 식이섬유가 풍부한 비트 뿌리 주스 섭취 후 비만 집단에서 체중 및 체지방률 감소와 생체 이용률을 증가하였으며 인슐린이 저항성이 감소와 비만 성인의 식후혈당조절에 도움이 된다고 보고하였다(Beals, et al., 2017).

이는 비만성인 이 질산염이 풍부한 비트 루트섭취를 통해 인슐린 저항성의 상승 발생률을 낮추고 비만 성인의 체중, 체지방률 감소에 도움이 될 수 있다고 사료되며 본연구와 일치한다고 볼 수 있다.

또한, 비트는 직접적인 체중감량 연구는 미흡하지만, 칼로리가 낮고 단백질과 섬유질이 풍부해서 체내 포만감 유발로 인해 체중감량에 도움을 주며, 비만 여성과 남성을 대상으로 운동 내성 효과와 심혈관질환 건강 지표를 개선하기 위해 무작위 배정된 교차

실험에서 급성 비트섭취 보충이 비만 환자의 고강도 사이클링 동안 운동 내성을 15% 향상시키고, 비만 환자의 운동참여에 따른 체중감량에 효과적이라고 보고되었다(Behrens, et al., 2020).

따라서 질산염이 풍부한 비트섭취를 통해 중년 비만 여성의 체중, 복부 지방을, 내장지방면적, 체지방 감소에 긍정적인 영향을 미쳤다고 판단된다.

둘째 비트섭취와 복합운동 프로그램 적용은 혈액 측정검사에서 LDL콜레스테롤, HDL콜레스테롤, 총콜레스테롤, 중성지방은 비트섭취 및 복합운동집단에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

심혈관질환 환자의 동맥경화성 위험인자와 비트에 함유되어있는 베타인 효과를 알아보기 위한 실험에서 비트 루트섭취 후 남성 환자의 총콜레스테롤, 중성지방 LDL 수치를 유의하게 감소시켰으며, 수축기, 이완기 혈압도 감소시켰다고 보고되었다(Rahimi, et al., 2019). 따라서 비트 루트섭취와 복합운동 처치는 혈중지질 중성지방, LDL콜레스테롤, 총콜레스테롤에 효과적이라는 본 연구와 일치한다.

또한, 고지방 식이로 유도된 혈중 이상 지질 동물실험에서 다양한 양의 비트 뿌리 칩의 두어는 HDL콜레스테롤 비율과 동맥경화 지수, 지방산 생성을 억제하고 혈청 총콜레스테롤, 혈액, 간 수치(AST)를 감소시켰고, 비트 뿌리 칩의 추가는 마우스의 대사 변화를 완화하고 혈당을 낮춘다는 연구결과가 보고되었다(Wroblewska, 2011).

따라서 본연구의 비트섭취와 복합운동 처치가 총콜레스테롤, LDL콜레스테롤, 중성지방의 감소와 HDL콜레스테롤 증가에 효과를 나타낸 것으로 사료 된다. 이러한 결과는 중년 비만 여성이 질산염이 풍부한 비트 루트섭취를 통해, 혈중 이상 지질 감소를 통해 심혈관질환 위험인자 위험 감소에 긍정적인 영향을 미친다고 판단 된다.

셋째 비트섭취와 복합운동 프로그램을 적용하였을 때, 집단 간 간 기능 및 수축기 혈압에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

선행연구에 따르면 무기 질산염과 비트 뿌리 보충제가 혈압에 미치는 영향을 조사한 무작위 임상시험에서 질산염이 풍부한 비트 주스 보충제를 섭취한 위약 대조군과 유의한 차이가 있었으며, 수축기 혈압의 더 큰 변화와 관련이 있다고 보고하였다(Siervo, et al., 2013).

이는 본 연구결과에서 비트섭취와 복합운동집단에서 수축기 혈압의 감소가 나타났으며, 이는 선행 연구결과와 일치한다.

또한, Webb (2008) 외 연구진은 비트섭취와 혈압 강하와 혈관보호에 관한 연구에서 질산염이 함유된 비트 뿌리 주스 500mL 섭취 후 약 3시간 후 혈압이 감소하였고 혈소판 응집에 대한 억제 효과를 감소시키며 혈관보호에 효과적이며 이러한 이유는 질산염에서 전환된 아질산염의 활동으로 인한 효과가 있다고 보고되었다.

이러한 비트 루트섭취는 과체중 및 비만 대상자에 혈압강하 효과와 만성질환에 도움이 된다는 연구결과를 얻었고 비트 루트섭취는 저혈압과 고혈압을 관리하고 심혈관질환을 예방하기 위해 잠재적으로 안전성과 효율적인 영양학적 접근법임을 나타낸다고 보고

하였고 이는 본연구 결과를 뒷받침한다(Bahadoran et al, 2017).

비트 루트섭취는 혈압 감소뿐만 아니라 간 기능에도 밀접한 관련이 있다. 비트 루트에 함유된 베타인은 간의 해독 능력을 도우며 지방간과 간 수치의 증가 때문에 손상된 간세포를 재생하는 기능이 있다.

특히 비만은 이러한 간 수치 이상과 간 질환의 원인을 제공하는데 비만 환자의 체중 증가는 이러한 간 질환의 위험을 증가시키는 인자이다.

최근 Albasher (2019) 외 연구진은 비트 뿌리는 항산화 성분과 간을 보호해주는 기능을 하며, 신경독성 물질인 클로피리포스 유발된 동물실험에서 비트 루트섭취 후 염증 및 간 기능을 완화하고 염증성 사이토카인을 개선의 효과를 나타냈으며, 항산화 효소를 증가시키고 비트 루트섭취를 통해 간을 보호하며 AST, ALT 수치를 감소시키고 이러한 결과로 간 손상을 예방하는 데 도움을 준다고 보고하였고 이는 본 연구의 결과를 뒷받침한다.

따라서 본연구의 수축기 혈압 감소와 간 수치 (AST ALT)를 감소시키는 결과와 일치하며, 비트섭취와 복합운동은 수축기 혈압 및 간 기능 완화 효과를 나타낸 것으로 사료된다.

특히 비만 중년여성의 비트 루트 주스 섭취와 복합운동집단이 통제집단과 비교하여 수축기 혈압 및 간 기능 완화와 심혈관질환 위험 인자에 유의한 감소를 나타내어 질산염이 풍부한 비트 루트의 효능을 확인할 수 있었다.

결국, 비트섭취를 통해 산화스트레스와 염증을 감소시키고 이러한 산화스트레스는 감소는 심혈관질환의 위험을 예방하는 데 도움을 준다.

또한, 비트 루트섭취와 함께 복합운동의 효과를 파악하기 위한 선행연구에 따르면 심혈관질환 위험인자에 대한 고혈압 비만 성인을 대상으로 유산소운동, 저항운동, 복합운동의 비교를 통한 무작위 대조연구에서 유산소 운동집단에서는 BMI, 체중, 체지방량 감소가 가장 유의한 차이를 보였으며, 복합운동은 상체, 하체 근력증가, 이완기 혈압개선과 체지방증가 등 신체 구성에서 유의한 변화를 보였으며 단일 운동집단에 비해서 심혈관 위험인자의 위험요소를 감소했다고 보고되었다(Schroeder, et al., 2019). 이러한 관점에서 살펴보면 본연구에서 유산소운동과 저항운동의 복합적인 트레이닝의 적용과 비트 루트섭취가 심혈관질환 위험인자를 예방하는 근거를 뒷받침하는 것으로 사료된다.

현재 우리는 비만과 심혈관계 질환의 위험 속에 노출되어있다. 특히 최근에는 코로나 19 상황이 장기화하면서 신체활동 저하로 인하여 만성질환과 심혈관질환 발병률의 위험성이 더욱 증가하고 있는 모습이다. 따라서 본연구에서 실시한 복합운동과 질산염이 풍부한 비트 루트 주스 섭취를 통해 심혈관질환 위험인자에 미치는 영향을 규명하였다.

비트 루트 주스는 심혈관질환의 예방에 다양한 측면에서 효과

가 있으며, 인체의 생리적 작용 및 대사장애에 효과가 좋으며, 비트 속에 함유된 질산염과 이에 따른 산화질소로의 전환은 체내에서 산화질소 촉진과 생성을 통해 심혈관질환의 위험을 예방하는 효과를 보여준다. 따라서 일상 속 신체 활동량을 늘리고 유산소, 무산소 복합운동의 꾸준함이 필요하며 더불어, 식이로된 질산염이 풍부한 비트 루트섭취를 통하여 심혈관질환 위험인자를 예방할 수 있다고 사료된다.

따라서 향후 연구에서는 본연구 결과를 모든 중년 비만 여성에게 적용하기에는 다소 부족한 점이 있으므로 보다 많은 대상자와 성별, 그리고 기간별 비트섭취에 따른 후속 연구가 필요할 것으로 사료되며, 추후 비트섭취와 운동이 중년 비만 여성의 노화와 폐경으로 인한 심혈관질환 발병률을 감소시키는 요인을 파악하기 위해 장기적 연구가 필요하다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 8주간의 중년 비만 여성을 대상으로 비트 루트 주스 섭취와 복합운동이 중년 비만 여성의 신체 구성, 혈중지질, 간 기능 심혈관질환 위험인자에 미치는 영향에 대하여 비교 분석하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

그 결과 8주간의 중재 후 복합운동 및 비트 루트 주스 섭취를 처치한 집단에서 단독적인 비트섭취집단과 복합운동군 통제집단에 비교하여 중년 비만 여성의 체지방률과 복부지방, 내장지방면적에서 감소하는 효과가 나타났으며 혈중지질 검사에서는, 총콜레스테롤(TC), 중성지방(TG), LDL콜레스테롤 감소와 HDL콜레스테롤 증가에 따른 유의한 차이가 나타났으며, 간 수치와 혈압이 감소하였다.

이러한 연구결과를 볼 때, 질산염이 풍부한 비트 루트 주스 섭취와 복합운동은 중년 비만 여성의 간 기능 및 혈압, 심혈관질환 위험요인을 감소시키며 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

따라서 질산염이 풍부한 비트 루트 주스의 섭취와 복합운동은 심혈관 건강을 증진하기 위한 핵심 요소가 될 수 있다는 점을 뒷받침하며, 비트섭취를 통한 영양학적 중재는 심혈관질환의 1차 예방을 위해 중요한 요인이며, 이러한 비트섭취와 복합운동을 통해 중년여성의 생리적 대사작용을 통해 간 기능을 완화하고 심혈관질환 위험 인자를 효과적으로 예방하는데, 기초자료로 활용되리라 판단된다.

추후 중년 비만 여성의 비트섭취와 복합운동이 근력과 기초체력 증진에 관련된 추가적인 연구를 통해 중년 비만 여성의 심혈관질환 발병률의 감소를 위한 후속연구가 필요할 것을 제안한다. 따라서 본 연구의 비트섭취와 복합운동을 적극적으로 활용한다면, 심혈관질환 위험요소를 해소하고 국민 건강증진에 도움이 될 것이다.

참고문헌

- 손현정 (2021). 중년여성의 e-헬스 리터러시와 인터넷 건강정보 추구 행위를 통한 건강증진행위 모형구축. 박사학위 논문. 강원대학교 대학원.
- 세계보건기구(2017). 세계 비만 연구 보고서
- 정주하 & 박정준(2018). 12주간 지속적, 간헐적 운동형태가 중년여성의 심혈관질환 위험인자에 미치는 영향. 보건정보통계학회지 9-17.
- 통계청(2019). 국민건강통계, 질병 관리청 만성질환 관리국.
- Albasher, G., Almeer, R., Al-Otibi, F. O., Al-Kubaisi, N., & Mahmoud, A. M. (2019). Ameliorative effect of Beta vulgaris root extract on chlorpyrifos-induced oxidative stress, inflammation and liver injury in rats. *Biomolecules*, 9(7), 261.
- Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Kabir, A., Azizi, F., & Ghasemi, A. (2017). The nitrate-independent blood pressure-lowering effect of beetroot juice: A systematic review and meta-analysis. *Advances in Nutrition*, 8(6), 830-838.
- Beals, J. W., Binns, S. E., Davis, J. L., Giordano, G. R., Klochak, A. L., Paris, H. L., ... & Bell, C. (2017). Concurrent beet juice and carbohydrate ingestion: influence on glucose tolerance in obese and nonobese adults. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2017.
- Behrens Jr, C. E., Ahmed, K., Ricart, K., Linder, B., Fernández, J., Bertrand, B., ... & Fisher, G. (2020). Acute beetroot juice supplementation improves exercise tolerance and cycling efficiency in adults with obesity. *Physiological Reports*, 8(19), e14574.
- Blüher, M. (2019). Obesity: global epidemiology and pathogenesis. *Nature Reviews Endocrinology*, 15(5), 288-298.
- Clements, W. T., Lee, S. R., & Bloomer, R. J. (2014). Nitrate ingestion: a review of the health and physical performance effects. *Nutrients*, 6(11), 5224-5264.
- Clifford, T., Howatson, G., West, D. J., & Stevenson, E. J. (2015). The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients*, 7(4), 2801-2822.
- Collins, P., Webb, C. M., De Villiers, T. J., Stevenson, J. C., Panay, N., & Baber, R. J. (2016). Cardiovascular risk assessment in women-an update. *Climacteric*, 19(4), 329-336.
- Csige, I., Ujvárosy, D., Szabó, Z., Lőrincz, I., Paragh, G., Harangi, M., & Somodi, S. (2018). The impact of obesity on the cardiovascular system. *Journal of diabetes research*, 2018.
- Gentile, C., Tesoriere, L., Allegra, M., Livrea, M. A., & D'aleccio, P. (2004). Antioxidant betalains from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) inhibit endothelial ICAM-1 expression. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1028(1), 481-486.
- Haswell, C., Ali, A., Page, R., Hurst, R., & Rutherford-Markwick, K. (2021). Potential of Beetroot and Blackcurrant Compounds to Improve Metabolic Syndrome Risk Factors. *Metabolites*, 11(6), 338.
- Lavie, C. J., Arena, R., Swift, D. L., Johannsen, N. M., Sui, X., Lee, D. C., ... & Blair, S. N. (2015). Exercise and the cardiovascular system: clinical science and cardiovascular outcomes. *Circulation research*, 117(2), 207-219.
- Lloyd-Jones, D., Adams, R. J., Brown, T. M., Carnethon, M., Dai, S., ... & Wylie-Rosett, J. (2010). Heart disease and stroke statistics—2010 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, 121(7), e46-e215.
- Milton-Laskibar, I., Martinez, J. A., & Portillo, M. P. (2021). Current Knowledge on Beetroot Bioactive Compounds: Role of Nitrate and Betalains in Health and Disease. *Foods*, 10(6), 1314.
- Mirmiran, P., Houshialsadat, Z., Gaeini, Z., Bahadoran, Z., & Azizi, F. (2020). Functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*) in management of cardio-metabolic diseases. *Nutrition & metabolism*, 17(1), 1-15.
- Raubenheimer, K., Hickey, D., Leveritt, M., Fasset, R., Ortiz de Zevallos Munoz, J., Allen, J. D., ... & Neubauer, O. (2017). Acute effects of nitrate-rich beetroot juice on blood pressure, hemostasis and vascular inflammation markers in healthy older adults: a randomized, placebo-controlled crossover study. *Nutrients*, 9(11), 1270.
- Rahimi, P., Mesbah-Namin, S. A., Ostadrahimi, A., Abedimanesh, S., Separham, A., & Jafarabadi, M. A. (2019). Effects of betalains on atherogenic risk factors in patients with atherosclerotic cardiovascular disease. *Food & function*, 10(12), 8286-8297.
- Schroeder, E. C., Franke, W. D., Sharp, R. L., & Lee, D. C. (2019). Comparative effectiveness of aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors: A randomized controlled trial. *PLoS one*, 14(1), e0210292.
- Siervo, M., Lara, J., Ogbonmwan, I., & Mathers, J. C. (2013). Inorganic nitrate and beetroot juice supplementation reduces blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of nutrition*, 143(6), 818-826.
- Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., DiMenna, F. J., Pavey, T. G., Wilkerson, D. P., ... & Jones, A. M. (2010). Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to

-
- moderate-intensity and incremental exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 299(4), R1121-R1131.
- Webb, A. J., Patel, N., Loukogeorgakis, S., Okorie, M., Aboud, Z., Misra, S., ... & Ahluwalia, A. (2008). Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. *Hypertension*, 51(3), 784-790.
- Woodward, M. (2019). Cardiovascular disease and the female disadvantage. *International journal of environmental research and public health*, 16(7), 1165.
- Writing Group Members, Lloyd-Jones, D., Adams, R. J., Brown, T. M., Carnethon, M., Dai, S., ... & Wylie-Rosett, J. (2010). Heart disease and stroke statistics—2010 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, 121(7), e46-e215.
- Wroblewska, M., Juskiewicz, J., & Wiczowski, W. (2011). Physiological properties of beetroot crisps applied in standard and dyslipidaemic diets of rats. *Lipids in Health and Disease*, 10(1), 1-8.

