



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

복합운동 시 L-카르니틴 섭취가  
과체중 여성의 체력, 신체구성 및  
대사증후군 위험요인에 미치는 효과

제주대학교 대학원

체육학과

오 정 현

2022년 8월

# 복합운동 시 L-카르니틴 섭취가 과체중 여성의 체력, 신체구성 및 대사증후군 위험요인에 미치는 효과

지도교수 서 태 범

오 정 현

이 논문을 체육학 석사학위 논문으로 제출함

2022년 6월

오정현의 체육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장

김 영 돈



위

원

김 비 예



위

원

서 태 범



제주대학교 대학원

2022년 6월



<국문초록>

## 복합운동 시 L-카르니틴 섭취가 과체중 여성의 체력, 신체구성 및 대사증후군 위험요인에 미치는 효과

오 정 현

제주대학교 대학원 체육학전공

지도교수 서 태 범

본 연구는 복합운동 시 L-카르니틴 섭취가 과체중 성인 여성의 체력, 신체구성 및 대사증후군 위험요인에 미치는 효과를 분석하는 데 그 목적이 있다. 대상자는 운동경력이 없는 과체중 성인 여성 18명으로, 복합운동+위약 섭취 집단(Combined training+placebo intake group, CTP)과 복합운동+L-카르니틴 섭취 집단(Combined training+L-carnitine intake group, CTC)으로 무작위 배정하였다. 복합운동은 유산소운동과 저항성 운동을 병행한 80분의 운동을 8주 동안 주 3회 실시하였고, 운동 적용 전·후로 악력, 배근력, 순발력, 근지구력, 심폐지구력, 신체구성, 혈압, 공복혈당 및 혈중지질농도를 측정하였다. 집단과 시기 간에 대한 상호작용을 확인하기 위해 이원반복측정분산분석(Two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였으며, 실험 사전과 사후의 집단 간의 차이를 비교하기 위해 독립표본 t검정(Independent t-test)을, 집단 내 변화를 확인하기 위해 대응표본 t검정(Paired t-test)을 실시하였다. 모든 분석의 유의수준( $\alpha$ )은 .05로 설정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 8주 동안의 복합운동 수행 시 L-카르니틴 섭취는 체지방량과 체지방률을 유의하게 감소시켰다.

둘째, 8주 동안의 복합운동 수행 시 L-카르니틴 섭취는 체지방량과 골격근량을 유의하게 증가시켰다.

셋째, 8주 동안의 복합운동 수행 시 L-카르니틴 섭취는 허리둘레와 허리-엉덩이둘레 비율을 유의하게 감소시켰다.

넷째, 8주 동안의 복합운동 수행 시 L-카르니틴 섭취는 윗몸일으키기 횟수를 유의하게 증가시켰다.

다섯째, 8주 동안의 복합운동 수행 시 L-카르니틴 섭취는 신체효율지수를 증가시키는 경향을 보였다.

본 연구의 결과를 종합해 보면 8주 동안 주 3회 유·무산소성 복합운동 시 하루 2 g의 L-카르니틴 보충제 경구 섭취는 신체구성과 근지구력 및 심폐지구력에 긍정적인 효과가 나타났지만, 최대근력, 혈중지질농도, 혈압 및 혈당에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 본 연구에서 적용한 복합운동 시 L-카르니틴 섭취의 병행은 과체중 성인 여성의 신체적 변화와 체력 개선에 기여할 수 있을 것으로 보인다. 또한 향후에는 나이, 성별, 비만 정도 및 훈련 수준 등 다양한 특성을 고려하여 비만 개선 효과를 검증하는 후속 연구를 하고자 한다.

# 목 차

I. 서 론 .....	1
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구의 목적 .....	4
3. 연구의 가설 .....	4
4. 연구의 제한점 .....	5
5. 용어 정의 .....	5
II. 이론적 배경 .....	7
1. 비만 .....	7
2. L-카르니틴 .....	8
3. 대사증후군 위험요인 .....	11
III. 연구 방법 .....	14
1. 연구대상 .....	14
2. 연구설계 .....	15
3. 운동 방법 .....	17
4. L-카르니틴과 위약 섭취 방법 .....	19
5. 측정항목 및 방법 .....	19
6. 자료처리 .....	22
IV. 연구 결과 .....	23
1. 체력 .....	23
2. 신체구성 .....	36
3. 대사증후군 위험요인 .....	54
V. 논 의 .....	68

VI. 결 론 .....	74
<Abstract> .....	76
참고문헌 .....	78

## List of Tables

<Table 1> Characteristics of participants .....	14
<Table 2> Combined training program .....	18
<Table 3> The result of descriptive statistics and independent t-test for grip strength of the dominant hand strength .....	24
<Table 4> The result of two-way repeated ANOVA for grip strength of the dominant hand .....	24
<Table 5> The result of descriptive statistics and independent t-test for grip strength of the non-dominant hand strength .....	26
<Table 6> The result of two-way repeated ANOVA for grip strength of the non-dominant hand .....	27
<Table 7> The result of descriptive statistics and independent t-test for back strength .....	28
<Table 8> The result of two-way repeated ANOVA for back strength .....	29
<Table 9> The result of descriptive statistics and independent t-test for standing long jump .....	30
<Table 10> The result of two-way repeated ANOVA for standing long jump .....	31
<Table 11> The result of descriptive statistics and independent t-test for sit-up ..	32
<Table 12> The result of two-way repeated ANOVA for sit-up .....	33
<Table 13> The result of descriptive statistics and independent t-test for physical efficiency index .....	34
<Table 14> The result of two-way repeated ANOVA for physical efficiency index ..	35
<Table 15> The result of descriptive statistics and independent t-test for body weight .....	36
<Table 16> The result of two-way repeated ANOVA for body weight .....	37
<Table 17> The result of descriptive statistics and independent t-test for body mass index .....	38



<Table 18> The result of two-way repeated ANOVA for body mass index .....	39
<Table 19> The result of descriptive statistics and independent t-test for body fat mass .....	40
<Table 20> The result of two-way repeated ANOVA for body fat mass .....	41
<Table 21> The result of descriptive statistics and independent t-test for percent body fat .....	42
<Table 22> The result of two-way repeated ANOVA for percent body fat .....	43
<Table 23> The result of descriptive statistics and independent t-test for fat-free mass .....	44
<Table 24> The result of two-way repeated ANOVA for fat-free mass .....	45
<Table 25> The result of descriptive statistics and independent t-test for skeletal muscle mass .....	46
<Table 26> The result of two-way repeated ANOVA for skeletal muscle mass ..	47
<Table 27> The result of descriptive statistics and independent t-test for waist circumference .....	48
<Table 28> The result of two-way repeated ANOVA for waist circumference .....	49
<Table 29> The result of descriptive statistics and independent t-test for hip circumference .....	50
<Table 30> The result of two-way repeated ANOVA for hip circumference .....	51
<Table 31> The result of descriptive statistics and independent t-test for waist-hip ratio .....	52
<Table 32> The result of two-way repeated ANOVA for waist-hip ratio .....	53
<Table 33> The result of descriptive statistics and independent t-test for systolic blood pressure .....	54
<Table 34> The result of two-way repeated ANOVA for systolic blood pressure ..	55
<Table 35> The result of descriptive statistics and independent t-test for diastolic blood pressure .....	56
<Table 36> The result of two-way repeated ANOVA for diastolic blood pressure ..	57
<Table 37> The result of descriptive statistics and independent t-test for	

fasting glucose .....	58
<Table 38> The result of two-way repeated ANOVA for fasting glucose .....	59
<Table 39> The result of descriptive statistics and independent t-test for total cholesterol .....	60
<Table 40> The result of two-way repeated ANOVA for total cholesterol .....	61
<Table 41> The result of descriptive statistics and independent t-test for high-density lipoprotein cholesterol .....	62
<Table 42> The result of two-way repeated ANOVA for high-density lipoprotein cholesterol .....	63
<Table 43> The result of descriptive statistics and independent t-test for low-density lipoprotein cholesterol .....	64
<Table 44> The result of two-way repeated ANOVA for low-density lipoprotein cholesterol .....	65
<Table 45> The result of descriptive statistics and independent t-test for triglyceride .....	66
<Table 46> The result of two-way repeated ANOVA for triglyceride .....	67

## List of Figure

<Figure 1> Acetyl-CoA production from fatty acid and glucose metabolism in muscle mitochondria .....	9
<Figure 2> Study flow diagram .....	16
<Figure 3> Change of grip strength of the dominant hand after combined training ..	25
<Figure 4> Change of grip strength of the non-dominant hand after combined training .....	27
<Figure 5> Change of back strength after combined training .....	29
<Figure 6> Change of standing long jump after combined training .....	31
<Figure 7> Change of sit-up after combined training .....	33
<Figure 8> Change of physical efficiency index after combined training .....	35
<Figure 9> Change of body weight after combined training .....	37
<Figure 10> Change of body mass index after combined training .....	39
<Figure 11> Change of body fat mass after combined training .....	41
<Figure 12> Change of percent body fat after combined training. ....	43
<Figure 13> Change of fat-free mass after combined training .....	45
<Figure 14> Change of skeletal muscle mass after combined training .....	47
<Figure 15> Change of waist circumference after combined training .....	49
<Figure 16> Change of hip circumference after combined training .....	51
<Figure 17> Change of waist-hip ratio after combined training .....	53
<Figure 18> Change of systolic blood pressure after combined training .....	55
<Figure 19> Change of diastolic blood pressure after combined training .....	57
<Figure 20> Change of fasting glucose after combined training .....	59
<Figure 21> Change of total cholesterol after combined training .....	61
<Figure 22> Change of high-density lipoprotein cholesterol after combined training ..	63
<Figure 23> Change of low-density lipoprotein cholesterol after combined training ..	65
<Figure 24> Change of triglyceride after combined training .....	67

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

현대인들은 기술이 진보함에 따라 점차 신체 활동량이 줄어들고 식습관이 서구화되어 비만해지고 있다. 비만은 피하지방을 비롯한 지방이 체내에 필요 이상으로 많이 저장된 상태를 의미하며 신체의 전반적인 생리적 기능에 부정적 영향을 미친다(Blüher, 2019). 비만은 만성적인 염증 상태로, 혈관 손상을 일으키기 때문에 고지혈증, 고혈압 및 제2형 당뇨병 등 많은 대사성 질환을 초래한다(Fock & Khoo, 2013; Matthews et al., 2010; Tesouro & Cardillo, 2011). 또한 최근에는 비만을 비롯한 대사성 질환자의 코로나-19 감염 후 사망률이 높다는 연구도 다수 보고되고 있다(Alberca et al., 2021; Kristensen et al., 2022, Sanoudou et al., 2022).

비만 유병률은 노인층과 여성에서 더 높게 나타나며(Chooi et al., 2019) 성인 여성은 남성보다 상대적으로 근력과 골격근량이 낮고, 연령이 증가할수록 여성호르몬인 에스트로젠(Estrogen)의 감소로 인한 지방분해 활동 저하로 비만에 더욱 취약하다(Wilkerson et al., 2008). 특히 20~30대 여성에게 있어 비만은 불임과 연관된 다낭성난소증후군, 자궁내막암, 유방암 및 무월경뿐 아니라 대장암과 신장암 등 악성종양의 위험도를 증가시킨다(Azarbad & Gonder-Frederic, 2010; Hong et al., 2012; Seif et al., 2015).

비만은 비감염성 질환(Noncommunicable diseases)인 대사증후군(Metabolic syndrome)과 밀접한 관련이 있다(대한비만학회, 2014). 대사증후군은 복부비만, 고혈당, 고혈압 및 이상지질혈증 등의 대사이상이 복합적으로 동시에 나타나는 질환으로 인슐린저항성(Insuline resistance)을 공통분모로 하여 발생한다(Galassi et al., 2006). 대사증후군은 제2형 당뇨병과 심혈관질환 및 그로 인한 사망의 독립적 예측인자이며 우리나라에서도 최근 12년간 유병률이 꾸준히 증가하고 있어 그 관리가 필요하다(Grundy, 2016; Huh et al., 2021). 비만과 대사증후군의 대표적인 개선 방법에는 운동요법이 있는데(Fappa et al., 2008; Orchard et al., 2005), 규칙적인 운동은 체지방량을 줄이고 골격근량을 증가시켜 신체구성, 혈중지질농도 및 심혈관 기능을 개선하는 데 효과적이다(Jacobs et

al., 2006; Mestek et al., 2006).

운동은 에너지대사 과정에 따라 크게 유산소운동과 저항성 운동으로 나눌 수 있다(고영찬 & 김영표, 2014). 그중 유산소운동이 비만 개선에 미치는 효과로는 심혈관계와 호흡 순환계의 개선, 근골격계의 지방산화 능력증가 등이 있으며 그 효과를 확인한 연구가 다수 존재한다(Armstrong et al., 2022; Kim et al., 2008; Said et al., 2018). 규칙적인 유산소운동은 골격근 모세혈관의 발달을 일으켜 미토콘드리아 함량 및 근섬유 구성의 변화를 이끌고 지방 산화능력 향상을 일으킨다(Sahlin et al., 2008). 이렇게 증가된 지방 산화능력은 탄수화물의 고갈을 지연시키는데, 이는 비만, 제2형 당뇨병과 같은 대사성 질환 발병 위험을 감소시킨다(Hegarty et al., 2003; Kelley et al., 2002). 반면 근력과 근섬유의 크기, 골밀도 및 체지방량 등을 감소시킬 수 있다는 단점이 있다(박상동 & 박승한, 2016). 이와 달리 저항성 운동은 근력 향상과 근육 질량 증대를 통해 신체능력을 향상하고(Lee et al., 2012; Prado et al., 2012), 늘어난 골격근량은 기초대사량을 증가시켜 체지방량 감소에 효과적이다(Wang et al., 2007). 또한 골격근은 인슐린 민감도에 가장 큰 영향을 미치는 조직이기 때문에 저항성 운동으로 인한 골격근량의 증가는 혈당 조절 능력과 인슐린 저항성을 개선해 비만 개선에 효과적이다(Abd El-Kader., 2011). 그러나 모세혈관의 밀도와 미토콘드리아의 양을 감소시킬 수 있다는 한계 또한 존재한다(서태범 등, 2014).

이에 따라 최근에는 유산소운동과 저항성 운동 각각의 단점을 보완하고 장점을 모두 취하고자 두 가지 운동 형태를 병행하는 복합운동이 주목받고 있다. 복합운동은 전반적인 건강관련체력을 증진하며 혈압·혈당 조절 능력과 혈중지질농도 개선, 에너지원으로 체지방의 사용률 증가, 체지방률 감소 및 체지방량 증가 등 많은 부분에서 비만과 대사증후군 위험인자 개선에 효과적이라고 보고되고 있다(Martins et al., 2010; Sanal et al., 2013; Schroeder et al., 2019; Timmons et al., 2018). 제2형 당뇨병을 비롯한 대사증후군의 발병위험률은 체력수준·활동량과 반비례하며, 그 개선을 위한 운동프로그램은 유산소운동과 저항성 운동을 모두 포함해야 한다(Church, 2011). 따라서 미국 스포츠의학회(American College of Sports Medicine)는 비만의 예방과 개선을 위하여 유산소운동과 저항성 운동을 병행하는 복합적인 운동프로그램을 권장하고 있다(Riebe et al., 2018).

복합운동과 비만 개선에 관한 선행연구를 살펴보면, 트레드밀과 웨이트 트레이닝을 병

행한 12주간의 복합운동이 비만 청소년의 신체구성 변화에 긍정적인 영향을 미쳤고(황은아 등, 2012), 비만 여대생의 체중, 체지방 감소, 그리고 골격근량의 증가에 효과적이었다(김원현 & 김승석, 2016). 또한 유산소운동과 탄성밴드 운동을 병행한 복합운동은 과체중 노인 여성의 혈중지질농도 개선에도 긍정적인 영향을 미쳤다(김경태 & 조지훈, 2013). 이렇듯 최근 복합운동이 나이와 성별을 불문하고 비만 개선에 긍정적인 영향을 미친다는 연구들이 꾸준히 보고되고 있다.

비만을 개선하기 위한 비약물적인 방법에는 운동과 더불어 식이요법이 권고되고 있으며(Plodkowski & Jeor, 2003) 둘 중 하나만 단독으로 실시하였을 때보다 병행 시에 더 효과적이라고 보고되고 있다(Blumenthal et al., 2010; Fock & Khoo, 2013; Lee et al., 2018). 적절한 운동과 식이요법의 병행은 체지방 감소뿐 아니라 혈중콜레스테롤, 중성지방 및 저밀도지단백 콜레스테롤 수치를 감소시키고 고밀도지단백 콜레스테롤 수치를 증가시켜 동맥경화지수(Atherogenic index)를 낮추는 역할을 한다(Kelley et al., 2012; Mestek et al., 2006). 이에 비만 개선을 위한 식이요법 중 하나로 다양한 보충제가 널리 이용되고 있으며 식이 보충제는 비만 개선 프로그램의 장기간 유지와 체중 감소를 도울 수 있다고 보고되고 있다(Golzarand et al., 2020; Sun et al., 2016; Wibisono et al., 2016).

비만 개선을 위한 대표적인 식이 보충제로는 L-카르니틴(L-carnitine)이 있는데, 주로 간과 신장에서 생성되며 체중 감소와 인슐린 내성 및 지방산의 대사에 필수적인 역할을 하는 영양소이다(Samimi et al., 2016). L-카르니틴은 장쇄사슬 지방산(Long chain fatty acid)의 미토콘드리아 내·외막 통과를 용이하게 함으로써 지방의 에너지화를 촉진하는 중요한 역할을 한다(Knottnerus et al., 2018). 이러한 이유로 L-카르니틴은 유·무산소성 능력에도 영향을 미치는데, 근육 내 글리코젠을 절약하고 젖산 농도를 감소시켜 운동 후 피로회복을 도우며, 최대산소섭취량과 파워 증가에도 효과적이라고 보고되고 있다(Fielding et al., 2018; Karlic & Lohninger, 2004; Stephens et al., 2007). 건강한 성인의 경우 체내 생합성 과정이나 음식물의 섭취를 통해 적당한 양의 L-카르니틴을 공급받는다. 그러나 동물성 식품을 부족하게 먹는 경우, 운동이 장시간 수행되어 에너지 요구량이 증가하는 경우 등에는 혈청 및 조직 내 L-카르니틴 수준이 감소하여 체내 지방산의 산화가 비정상적으로 낮아질 수 있다(정은정 등, 2003; Shin et al., 2010). 따라서 체내에서 합성되는 내인성 L-카르니틴은 운동 중 지방산화를 수행하기에 부족할

수 있으며 이런 경우 반드시 추가로 섭취해야 하는 조건적 필수영양소라고 할 수 있다 (Ode et al., 2014).

이에 L-카르니틴은 서구사회에서 40년 이상 식이 보충제로 사용되고 있으나 L-카르니틴 경구 투여 시 비만 개선에 미치는 효과에 대해서는 여전히 논쟁의 여지가 있다. L-카르니틴 보충제 섭취가 체중과 체질량지수 및 체지방량의 감소에 유의하다는 메타 분석 결과도 있지만(Pooyandjoo et al., 2016; Talenezhad et al., 2020), 반대로 체중과 체질량지수 및 혈중지질의 개선에 유의한 효과가 없다는 부정적인 메타분석 결과도 존재한다(Abolfathi et al., 2020; Thakur et al., 2021).

이처럼 현재까지 보고된 L-카르니틴 섭취 효과에 관한 선행연구 결과들은 각각의 논문마다 그 효과에 대한 논쟁의 여지가 있고, 특히 복합운동과의 상관관계 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 8주간의 복합운동 시 L-카르니틴의 섭취가 과체중 성인 여성의 체력, 신체구성 및 대사증후군 위험요인에 미치는 효과를 규명하여 비만 개선에 효율적인 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 과체중 성인 여성을 대상으로 8주간의 유·무산소성 복합운동 시 L-카르니틴 섭취가 체력, 신체구성 및 대사증후군 위험요인에 미치는 효과를 연구하는 데 있다.

## 3. 연구의 가설

본 연구 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 연구 가설을 설정하였다.

- 1) 복합운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따라 악력에 차이가 있을 것이다.
- 2) 복합운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따라 배근력에 차이가 있을 것이다.
- 3) 복합운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따라 윗몸일으키기에 차이가 있을 것이다.
- 4) 복합운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따라 제자리멀리뛰기에 차이가 있을 것이다.

- 5) 복합운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따라 신체효율지수에 차이가 있을 것이다.
- 6) 복합운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따라 신체구성에 차이가 있을 것이다.
- 7) 복합운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따라 허리·엉덩이둘레에 차이가 있을 것이다.
- 8) 복합운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따라 혈압에 차이가 있을 것이다.
- 9) 복합운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따라 공복혈당에 차이가 있을 것이다.
- 10) 복합운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따라 혈중지질농도에 차이가 있을 것이다.

#### 4. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다.

- 1) 운동 참가 시간 외의 일상생활 중의 신체활동은 동일하게 통제하지 못하였다.
- 2) 연구 기간 중 L-카르니틴 섭취를 제외한 영양 섭취를 동일하게 통제하지 못하였다.
- 3) 대상자들의 심리적인 요인은 통제하지 못하였다.

#### 5. 용어 정의

##### 1) L-카르니틴(L-carnitine)

간 또는 신장에서 합성되고 우유나 고기류에 많이 함유되어있는 아미노산 정도의 분자량을 가진 비필수 영양소이다. 주된 기능은 지방산 중 특히 장쇄 사슬 지방산을 다 른 장기의 미토콘드리아 내막으로 운송시켜 지방산의 베타산화를 촉진한다.

##### 2) 복합운동(Combined training)

유산소운동과 저항성 운동을 병행하는 운동 방법으로 체지방량을 줄이고 체지방량을 늘릴 수 있는 운동 형태를 의미한다.

##### 3) 과체중(Overweight)

체질량지수가 23 kg/m<sup>2</sup> 이상인 경우를 뜻하며 위험 체중 혹은 비만 전 단계로 명명



하기도 한다(대한비만학회, 2018).

4) 대사증후군(Metabolic syndrome)

인슐린 저항성으로 인해 한 개인에 비만, 고혈당, 고혈압 및 이상지질혈증 등의 대사 이상질환이 군집해있는 상태를 총체적으로 지칭하는 개념이다(대한비만학회, 2014).

5) 혈중지질농도(Blood lipid concentration)

혈액 내 지방 성분의 양을 뜻하며, 총콜레스테롤(Total cholesterol, TC), 고밀도지단백 콜레스테롤(High-density lipoprotein cholesterol, HDL), 저밀도지단백 콜레스테롤(Low-density lipoprotein cholesterol, LDL), 중성지방(Triglyceride, TG) 수치로 분류한다.

6) 이상지질혈증(Dyslipidemia)

혈중지질 검사로 측정하며 혈액 내 지방 성분이 과다하게 많이 함유된 상태를 뜻한다. 고콜레스테롤혈증, 고LDL혈증, 고중성지방혈증 및 저HDL혈증을 지니고 있거나 지질강하제를 복용하는 경우로 정의한다(Grundy, 2002).

7) 공복혈당(Fasting glucose)

7~12시간 금식 후에 측정하는 혈당을 말하며 주로 아침 식사 전의 혈당을 뜻한다. 정상치는 70~99 mg/ℓ 이며 100~125 mg/ℓ 사이를 공복혈당장애(Impaired fasting glucose)로 분류하고 126 mg/ℓ 이상이면 당뇨병으로 진단된다(Jee et al., 2005).

8) 혈압(Blood pressure)

혈액이 혈관의 벽에 가하는 압력으로 심장 박동에 따라 최고혈압(수축기혈압, Systolic blood pressure)과 최저혈압(이완기혈압, Diastolic blood pressure)을 넘나들며 변한다. 정상치는 수축기혈압 120 mmHg 미만, 이완기혈압 80 mmHg 미만이며, 수축기혈압이 140 mmHg 이상이거나 이완기혈압이 90 mmHg 이상이면 고혈압으로 분류한다(Muntner et al., 2019).

## II. 이론적 배경

### 1. 비만

#### 1) 비만의 정의

인체는 지질을 지방조직세포(Adipose tissue cell) 내에 주로 중성지방(Triglyceride) 형태로 저장한다(Ogden et al., 2007). 비만은 이러한 체내 지방 저장량이 정상보다 과도하게 증가한 상태로, 에너지 섭취량이 에너지 소비량을 초과하여 에너지 균형 상태가 양의 상태가 되면 발생한다(Hill et al., 2012). 1980년 이래 세계의 비만·과체중 인구는 두 배가량 늘어났으며 현재는 전 세계 인구의 1/3이 비만 또는 과체중에 해당한다(GBD 2015 Obesity Collaborators, 2017). 비만은 심혈관질환, 제2형 당뇨병, 암, 근골격계 장애 및 폐쇄성 수면 무호흡 등 많은 질환의 주요 원인이며(Fock & Khoo, 2013), 전 세계적인 비만 발병률 증가에 따라 사망률과 의료·경제적 비용 모두 증가하고 있다(Klop et al., 2103). 질병관리청의 국민건강영양조사에 따르면 국내성인의 비만 유병률은 38.3%로 나타났으며 조사 이래 꾸준히 증가하는 추세이다(질병관리청, 2022).

비만은 체질량지수(Body mass index, BMI), 체지방률(Percent body fat) 및 허리둘레(Waist circumference) 등으로 진단할 수 있다. BMI는 신장과 체중을 이용하여 비만도를 나타내는 지수로 체중(kg)을 키(m)의 제곱으로 나누어 산출하며, 비만을 분류하는데 가장 널리 사용된다. 세계보건기구에서는 나이, 성별을 구분하지 않고 BMI  $25 \text{ kg/m}^2$  이상을 과체중,  $30 \text{ kg/m}^2$  이상을 비만으로 정의하고 있다(World Health Organization, 2020). 그러나 국내에서는 WHO의 아시아-태평양 비만 기준을 근거로 하여 BMI  $23 \text{ kg/m}^2$  이상을 과체중,  $25 \text{ kg/m}^2$  이상을 비만으로 정의하고 있다. 이는 BMI  $25 \text{ kg/m}^2$  을 시점으로 비만 관련 질환이 1.5~2배 증가하는데 그 근거를 둔 것이다(대한비만학회, 2018). 비만 판단의 기준으로 BMI가 가장 흔하게 사용되긴 하나, 이는 체지방률 같은 신체구성을 고려하지 않기 때문에 여러 기준으로 비만을 판단하게 된다. 체지방률은 생체전기저항 분석 장비 등을 이용하여 측정하며 남성 25%, 여성 30% 이

상일 때 비만으로 분류한다. 허리둘레는 남성 90 cm, 여성 85 cm 이상일 때 비만으로 분류하는데(대한비만학회, 2018), 측정이 간편하다는 장점이 있으며 심장 질환, 당뇨병, 고혈압 및 고지혈증 등의 위험도를 증가시키는 복부비만을 진단할 수 있다(Czernichow et al., 2005).

## 2) 비만과 운동

비만을 개선하기 위해서는 체지방량의 감소와 골격근량의 증가가 모두 중요하다. 이를 위해 걷기, 달리기 및 자전거와 같은 유산소운동과 웨이트 트레이닝이나 탄성밴드 운동과 같은 저항성 운동이 행해지며, 유산소운동과 저항성 운동은 서로 다른 신체적 변화를 가져온다(Villareal et al., 2017).

유산소운동은 체지방 감소를 위한 대표적인 운동 방법으로, 체내의 지방산화를 촉진하고 심혈관계와 심폐지구력 개선에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Chapman et al., 2013). 한편 저항성 운동은 단백질 합성을 대표하는 테스토스테론 등과 같은 동화작용 호르몬을 증가시켜 골격근량과 근력의 향상을 유도하는 것으로 알려져 있다(Mitchell et al., 2013). 이렇듯 유산소운동과 저항성 운동은 각각 운동의 형태에 따라 다른 신체적 변화를 가져오기 때문에 단일 운동 효과의 단점을 보완할 수 있는 복합운동이 주목받고 있다.

복합운동은 유산소운동과 저항성 운동을 결합한 형태로 체지방 감소, 골격근량 증가, 혈중지질 개선 및 동화작용 호르몬 증가 등에 효과적이며, 단일 운동 형태의 수행보다 신체적 변화에 긍정적 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Anton et al., 2011; Sigal et al., 2014; Wilson et al., 2012).

## 2. L-카르니틴

### 1) L-카르니틴의 기능

L-카르니틴은 지방산 대사에 관여하는 내인성 분자로, 필수아미노산인 L-라이신과 L-메티오닌을 이용하여 인체 내에서 생합성된다. 체내 L-카르니틴은 지방산 사슬을 미

토콘드리아로 운반하여 세포가 지방을 분해하고 저장된 지방에서 에너지를 얻을 수 있도록 한다(Pekala et al., 2011). 이 과정 중 L-카르니틴이 없다면 지방산은 단독으로 미토콘드리아 막을 통과할 수 없기에 지방산 대사에 필수적인 요소이다(Stephens et al., 2007).

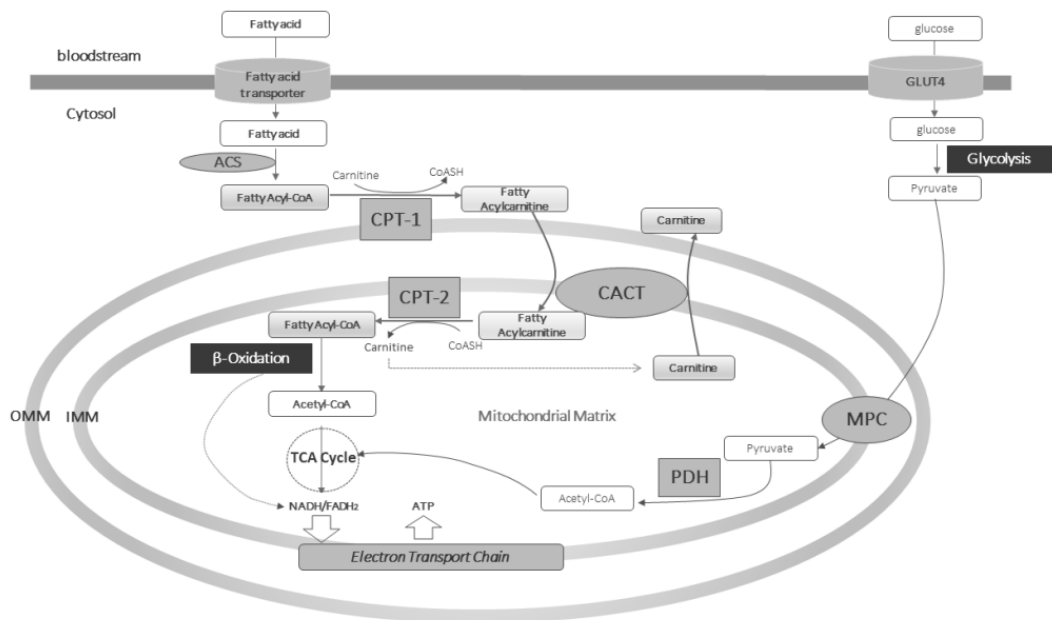


Figure 1. Acetyl-CoA production from fatty acid and glucose metabolism in muscle mitochondria(Gnoni et al., 2020).

<Figure 1>의 기전을 살펴보면, 지방산(Fatty acid)은 지방산 수송체(Fatty acid transporter)에 의해 세포에 들어간 후, 아실-CoA 합성효소(Acyl-CoA synthetase, ACS)에 의해 지방 아실-CoA(Fatty acyl-CoA)로 활성화된다. 지방 아실-CoA는 미토콘드리아 안으로 직접 들어갈 수 없으므로, 미토콘드리아 외막(Outer mitochondrial membrane, OMM)에서 카르니틴 팔미토일 전이효소-1(Carnitine palmitoyl transferase, CPT-1) 활성에 의해 카르니틴과 결합하여 지방 아실카르니틴(Fatty acylcarnitine)으로 전환된다. 형성된 지방 아실카르니틴은 카르니틴-아실카르니틴 수송운반체

(Carnitine-acylcarnitine translocase, CACT)를 통해 미토콘드리아 내막(Inner mitochondrial membrane, IMM)으로 수송된다. 미토콘드리아 기질(Mitochondrial matrix)에서 지방 아실카르니틴은 카르니틴 팔미토일 전이효소-2(Carnitine palmitoyl transferase, CPT-2)을 통해 다시 지방 아실-CoA로 전환하여 베타산화( $\beta$ -oxidation) 경로에 들어가고 이 과정을 통해 에너지로 사용된다(Gnoni et al., 2020; Ørngreen et al., 2003). 즉 L-카르니틴은 지방산을 미토콘드리아 안으로 유입시키고 베타산화 하여 에너지로 쓰일 수 있게 돕는다. L-카르니틴 섭취가 신체구성에 미치는 영향을 확인한 최근 메타분석 연구에 따르면, 체중, BMI, 허리둘레 및 체지방량 감소에 효과가 있는 것으로 나타났으며 특히 과체중이나 비만 성인의 체중, BMI 및 체지방량 감소에 유의하게 효과적이었다(Askarpour et al., 2020; Pooyandjoo et al., 2016; Talenezhad, et al., 2020).

## 2) L-카르니틴과 운동

인체 내 L-카르니틴이 부족할 경우 지방산의 분해가 제대로 이루어지지 않기 때문에 운동능력에 악영향을 미친다. 장쇄사슬 지방산이 산화되어 에너지를 내기 위해서는 세포질의 지방산을 미토콘드리아 내부로 이동시켜야 하는데, 이때 L-카르니틴이 지방산을 운반하는 역할을 하며, 미토콘드리아의 대사산물인 유기산이 과량 생성되었을 때 이를 제거하기도 한다. 또한 L-카르니틴은 지방산 이용을 촉진하고 피루브산 탈수소효소(Pyruvate dehydrogenase) 활성을 자극하여 젖산생성을 억제한다. 이는 글리코겐 절약 효과를 유도하고 젖산 역치 수준을 증가시켜 결과적으로 유·무산소성 운동능력에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(Karlic & Lohninger, 2004).

동물성 식품을 부족하게 먹는 경우, 운동이 장시간 수행되어 에너지 요구량이 증가하는 경우 등에는 식품이나 보충제를 통한 L-카르니틴 섭취가 요구된다(Fielding et al., 2018). L-카르니틴 추가 섭취가 운동능력 향상에 미치는 영향에 관해서는 많은 긍정적 연구가 있으며(Ho et al., 2010; Parandak et al., 2014; Volek et al., 2008), 주된 효과로는 근육 내 지방산 산화 향상, 근육 내 글리코겐 고갈률 감소, 아세틸CoA 농도를 낮추어 피루브산 탈수소효소의 활성화 및 운동 중 잃은 L-카르니틴 대체 효과 등이 있다(Brass, 2000).

L-카르니틴과 운동을 병행한 선행연구를 살펴보면, 지구성 운동선수를 대상으로 8주간 하루 6 g의 L-카르니틴 섭취 후 체중과 체지방률은 낮아지고 최대산소섭취량과 최대심박수는 증가하였다(강성기 등, 2011). 20대 여성을 대상으로 6주간 유산소운동 시 L-카르니틴 섭취 집단이 위약 섭취 집단보다 최대근력과 최대산소섭취량이 유의하게 증가하였으나 체지방률과 혈중지질농도는 차이가 없었다(이지현, 2006). 비만 대학생을 대상으로 8주간 하루 2 g의 L-카르니틴 섭취와 고강도 간헐적 운동을 병행한 엔 지아 웨이 등(2021)의 연구에서는 통제집단보다 L-카르니틴 섭취 집단에서 체중, 체지방률, BMI, 복부둘레, HDL, 랩틴 농도 및 인슐린 농도는 유의하게 줄어들었으나 코티졸 수치에서는 차이가 없었다. 비만 여자 고등학생을 대상으로 8주간 하루 2 g의 L-카르니틴 섭취와 유산소운동을 병행한 연구에서는 L-카르니틴 섭취 집단이 위약 섭취 집단보다 그렐린 농도와 성장호르몬 농도는 증가하였으나 체중, 체지방률 및 랩틴 농도에서는 차이가 없었다(정한상, 2007).

### 3. 대사증후군 위험요인

#### 1) 대사증후군(Metabolic syndrome, MetS)

대사증후군이란 인슐린 저항성과 관련된 심혈관질환 위험 요소들의 집합을 뜻한다(Kahn et al., 2005). 대사증후군은 과거에 인슐린 저항성 증후군 또는 X 증후군으로 불리던 것으로 복부비만, 이상지질혈증, 혈당장애, 고혈압, 미세알부민뇨 및 고요산혈증 등을 특징으로 하고, 이러한 질환을 모아 하나의 증후군으로 규정하고 통합하여 관리하려는 목적으로 WHO에서 명명하였다(Alberti & Zimmet, 1998). 대사증후군은 심혈관질환, 제2형 당뇨병, 만성신장질환 및 일부 암 발병률을 높이며 모든 원인으로 인한 사망률 또한 증가시키기 때문에 그 관리가 필요하다(Cornier et al., 2008; Dekker et al., 2005; Huh et al., 2019).

대사증후군의 진단기준은 단체마다 다소 다른 진단기준을 제시하고 있는데, 그중 대한비만학회에서는 NCEP-ATP III(National cholesterol educational program adult treatment panel III)의 기준을 바탕으로 우리나라만의 복부비만 진단기준을 적용하고 있다. 복부비만(허리둘레 남성 90 cm 이상, 여성 85 cm 이상), 고중성지방(150 mg/dl 이

상), 고밀도지단백콜레스테롤(남성 40 mg/dl 미만, 여성 50 mg/dl 미만), 고혈압(130/85 mmHg 이상 또는 혈압강하제를 복용 중) 및 혈당 장애(100 mg/dl 이상 또는 혈당강하제 혹은 인슐린을 복용 중)의 5가지 조건 중 3가지 이상을 만족하면 대사증후군으로 정의한다(Expert panel on detection, 2001; Lee et al., 2007).

대사증후군 위험요인 중 혈중지질은 혈액에 함유되어있는 지방 성분으로 이는 세포막 구성 성분, 스테로이드 호르몬의 재료 및 담즙의 원료가 되는 등 생명 유지에 꼭 필요한 영양소이다. 그러나 혈중지질농도가 과하게 높아지면 혈관에 기름기가 쌓여 혈관이 좁아지는데, 따라서 높은 총콜레스테롤 수치는 동맥경화증, 심장마비 및 뇌졸중을 유발하며 고혈압과 당뇨병 등의 질병 발생 위험을 증가시킨다(Tsao et al., 2022). 혈중지질은 지방과 단백질이 결합된 비율에 따라서 HDL, LDL 및 TG로 분류된다(Azizi, 2011). 총콜레스테롤은 HDL, LDL 및 초저밀도지단백콜레스테롤(Very low-density lipoprotein cholesterol, VLDL)의 수치를 합한 것을 뜻하며 단위는 mg/dl이다. 혈액 내 지방산과 콜레스테롤은 심혈관질환의 중요한 위험인자로, 수치가 높아지면 심혈관질환의 발생률이 증가하고 수치가 낮아지면 발생률이 증가하는 개선가능 위험요인(Modifiable risk factor)이기에 그 관리가 필요하다(Magnus & Beaglehole, 2001; Stewart et al., 1994).

## 2) 대사증후군 위험요인과 운동

대사증후군 치료의 목표는 당뇨병과 심혈관질환을 예방하는 데 있다. 이를 위해 인슐린 저항성과 비만을 개선해야 하고 식습관·운동의 생활 습관적 변화가 가장 중요하다(대한비만학회, 2014). 운동으로 인한 활동량 증가는 지방과 당 대사를 조절하여 인슐린 저항성을 개선하고 혈압을 낮추며 전반적인 심혈관계 능력을 개선하는 것으로 보고되고 있다(Golbidi et al., 2012; Orchard et al., 2005). 활동적인 인구는 좌식생활 인구보다 TG 수치는 낮고 HDL 수치는 높게 나타나며(Durstine et al., 2001), 운동은 대사증후군 환자의 신체구성, 허리둘레, 혈압 및 TG 수치를 감소시킨다(Ostman et al., 2017).

운동이 대사증후군 위험요인에 미친 영향을 분석한 선행연구를 살펴보면, Yang 등(2011)의 비만 성인 여성 대상으로 12주간의 복합운동 연구에서 운동 후 BMI, 허리둘레, 혈압 및 TG 수치가 감소하였다. Paoli 등(2013)의 연구에서는 과체중 성인 남성을

대상으로 12주간의 서킷 트레이닝 후에 혈압과 혈중지질농도가 유의하게 개선되었다. 성인 여성을 대상으로 12주간 노르딕 워킹을 실시한 Hagner 등(2009)의 연구에서는 운동 후 체중과 허리둘레, TG 및 LDL은 감소하였고 HDL은 증가하였다. 비만 청소년에게 12주간의 운동 처치는 체지방의 두께 감소와 더불어 인슐린 수치와 TC, TG, LDL 및 VLDL은 낮아지고 HDL은 더 높게 나타났다(Zorba et al., 2011). 이처럼 성별과 연령에 관계없이 운동 후 대사증후군 위험요인이 개선된 결과가 존재한다. 그러나 운동이 혈중지질농도에 유의한 영향을 미치지 못한다는 메타분석 연구도 존재하며(Taylor et al., 2004), 운동의 종류와 대상자의 초기 상태, 체중의 변화에 따라 다양한 결과를 나타내 논란의 여지가 있다(Fletcher et al., 2013; Ostman et al., 2017). 비록 이러한 여지가 있더라도 혈중지질농도 개선의 목표는 심혈관질환 예방이며, 운동이 심혈관질환의 예방에 중요하다는 것은 명백하므로, 이상지질혈증을 비롯한 대사증후군을 앓는 사람들에게 운동요법은 중요하게 권고된다(Haskell et al., 2007).



### III. 연구 방법

#### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 J시에 거주하는 체질량지수(Body mass index, BMI)가 23 kg/m<sup>2</sup> 이상인 과체중 성인 여성으로, 최근 1년간 체계적인 트레이닝 참여 경험이 없고 신체적·정신적 질환이 없는 자들을 대상으로 하였다. 제주대학교 생명윤리위원회의 승인(JNU-IRB-2021-084-001)을 얻은 후 진행하였고, 실험 전 대상자에게 연구의 내용과 목적을 자세히 설명한 후 자발적으로 참여 의사를 밝힌 자에 한하여 동의서를 작성하게끔 하였다. 대상자는 복합운동+위약 섭취 집단 9명과 복합운동+L-카르니틴 섭취 집단 9명으로 무작위 배정되었으며 각 집단의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of participants

Variables	Group	CTP ( <i>n</i> =9)	CTC ( <i>n</i> =9)
Age (yrs)		27.33±2.87	25.00±2.96
Height (cm)		162.28±5.42	161.80±4.14
Weight (kg)		72.73±13.90	65.32±4.38
BMI (kg/m <sup>2</sup> )		27.55±4.63	24.97±1.91

*Mean±standard deviation; CTP, combined training+placebo intake group; CTC, combined training+L-carnitine intake group; BMI, body mass index*

## 2. 연구설계

본 연구는 복합운동 시 L-카르니틴의 섭취가 과체중 여성의 체력, 신체구성 및 대사 증후군 위험요인에 미치는 효과를 분석하였다. 본 연구는 무작위배정(Randomized), 단일맹검(Single-blind) 및 위약 대조군 연구(Placebo-controlled study)로서, 무작위 대조군 연구(Randomized controlled trials, RCTs)를 위한 보고 지침인 CONSORT(Consolidated standards of reporting trials) 2010 statement의 기준에 따라 설계되었다(Schulz et al., 2010). <Figure 2>에서는 보고 지침에 따라 모집된 대상자의 수와 제외 이유, 무작위 배정된 대상자의 수 및 배정 이후 중도 탈락 또는 제외된 대상자의 수와 그 이유 등을 기술하여 전체적인 연구 진행 과정을 도식화하였다.

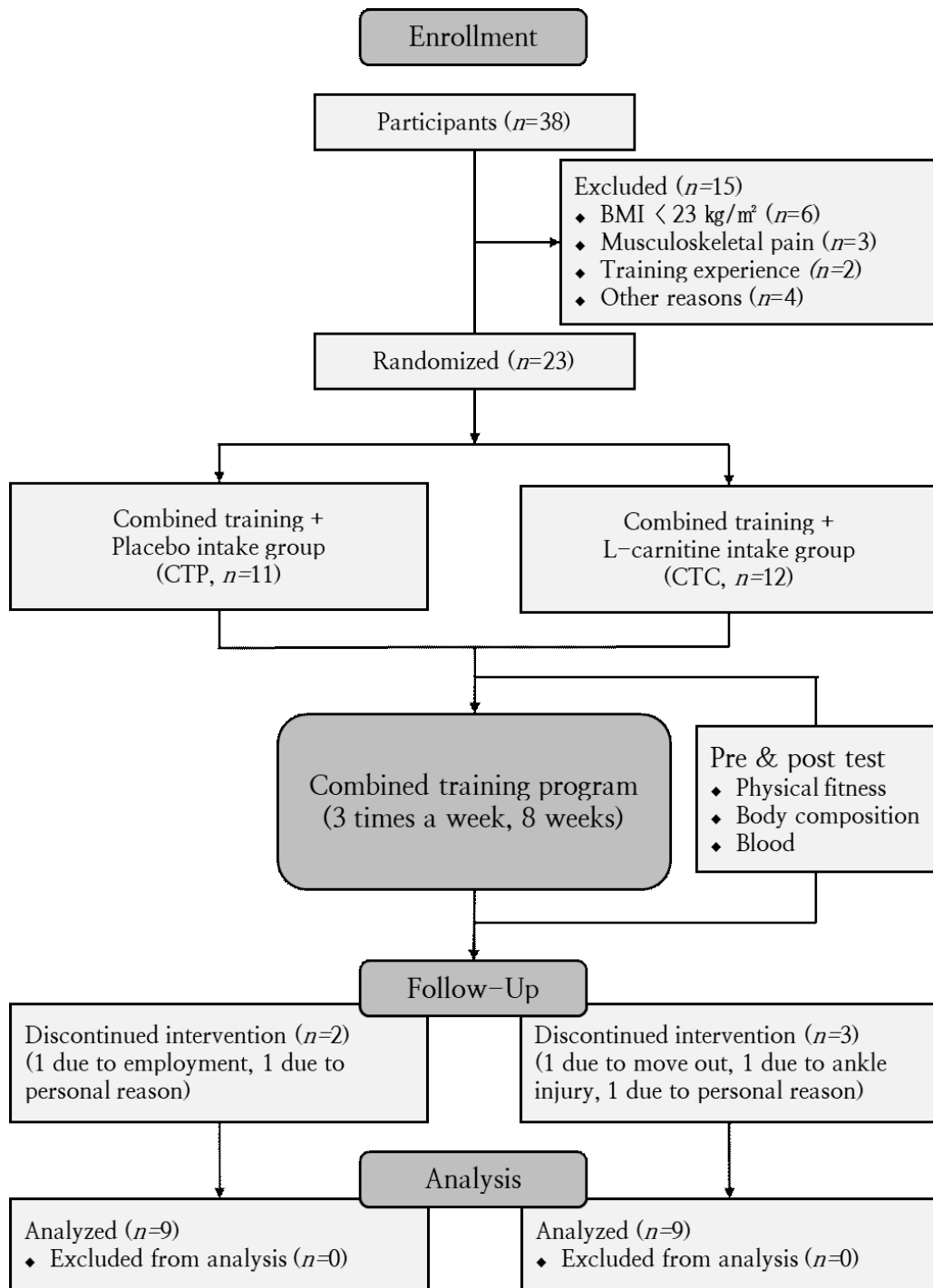


Figure 2. Study flow diagram

### 3. 운동 방법

#### 1) 복합운동 프로그램

복합운동은 하창호 & 소위영(2012)의 여자 대학생을 대상으로 한 유사한 선행연구를 참고하여 유산소·저항성 운동을 각 30분씩, 준비·정리운동을 각 10분씩 총 80분의 운동을 8주간 격일로 주 3회 실시하였다. 저항성 운동은 대상자들의 특성을 고려하여 여섯 가지의 기구 운동(Machine exercise)으로 구성하였으며, 유산소운동은 트레드밀 걷기 혹은 달리기로 하였다. 본 연구의 자세한 운동프로그램은 <Table 2>와 같다.

#### 2) 운동강도

저항성 운동의 강도 설정은 운동 경험이 없는 성인 여성을 대상으로 한 선행연구에서 제시한 1RM(One repetition maximum) 간접측정법을 통해 1RM을 측정하였다(소위영 등, 2011). 이후 1~4주는 50~60% 1RM, 5~8주는 60~80% 1RM으로 점증부하의 원리를 적용하여 운동강도를 설정하였다. 단축성 수축 1초, 신장성 수축 2초 운동을 1회로 설정하여 8~15회를 3세트 실시하였으며 세트 간 휴식 시간은 1분으로 설정하였다.

유산소운동의 강도 설정은 휴식 시 심박수를 측정한 후, 최대심박수(Maximum heart rate, HRmax)는 Gellish 등(2007)의 공식(1)을 통하여 구하였고, 목표심박수는 Karvonen 등(1957)의 공식(2)을 통해 설정하였다. 이후 1~4주는 50%~60% HRmax, 5~8주는 지방 대사를 촉진하기 위한 가장 효과적인 강도인 60~70% HRmax로 실시하였다(Achten et al., 2002).

$$\text{최대심박수} = 206.9 - (0.67 \times \text{나이}) \quad \text{공식-(1)}$$

$$\text{목표심박수} = (\text{최대심박수} - \text{휴식 시 심박수}) \times \text{운동강도\%} + \text{휴식 시 심박수} \quad \text{공식-(2)}$$

Table 2. Combined training program

	Contents	Duration	Intensity	Reps × Sets × Rest	Time	Frequency
Warm up	Dynamic stretching	-	-	-	10 min	3 days / 8 weeks
Resistance exercise	Leg press Split squat Seated row	1~4 week	50~60% 1RM	12~15 × 3 × 1 min	30 min	
	Lat pull down Chest press Shoulder press	5~8 week	60~80% 1RM	8~12 × 3 × 1 min		
Aerobic exercise	Treadmill exercise	1~4 week	50%~60% HRmax		30 min	
		5~8 week	60%~70% HRmax			
Cool down	Foam roller		-	-	10 min	

*1RM, one repetition maximum; HRmax, maximum heart rate*

#### 4. L-카르니틴과 위약 섭취 방법

L-카르니틴(L-carnitine, GNC, Pittsburgh, USA)은 알약 형태의 것으로, 엔 지아웨이 등(2021)의 선행연구를 참고하여 1일 2 g을 운동 1시간 전에 섭취하였고 운동이 없는 날에는 매일 아침 섭취하게끔 하였다(Parandak et al., 2014; Spiering et al., 2008; Stuessi et al., 2005). 위약군에도 효율적인 실험 통제를 위하여 위약(Placebo)으로 식염포도당(식염포도당, Fitness farm, Hwasung, Korea)을 같은 방법으로 섭취하게 하였다(Kim & Cho, 2019). 또한 코치는 매일 아침 L-카르니틴과 위약의 섭취 여부를 대상자의 건강 상태와 함께 확인하였다.

#### 5. 측정항목 및 방법

약력, 배근력, 제자리멀리뛰기, 윗몸일으키기, 하버드 스텝 테스트, 신체구성, 혈압, 공복혈당 및 혈중지질농도의 측정은 모두 오전 9~11시 사이에 동일한 방법과 조건으로 이루어졌으며, 운동 적용 전·후로 반복 측정하였다.

##### 1) 체력

###### (1) 약력(Hand grip strength)

약력은 양발을 어깨너비로 벌리고 팔과 손을 몸에서 약간 떼어 자연스럽게 늘어뜨린 자세로 측정하였다. 약력계(T.K.K. 5101, TAKEI, Niigata, Japan)의 계측기판이 바깥을 향하도록 하고, 쥐는 폭은 엄지와 집게손가락의 둘째 마디에 닿으며 직각이 되도록 조절하여 힘껏 쥐도록 지시 후 측정하였다. 좌·우 2회씩 측정하여 최댓값을 0.1 kg 단위로 기록하였다.

###### (2) 배근력(Back strength)

배근력은 배근력계(T.K.K. 5402, TAKEI, Niigata, Japan)를 이용하여 측정하였다. 발판 위에 뒤꿈치를 붙이고 양쪽 발끝을 약 15 cm 벌려 선 후, 상체를 고관절을 중

심으로 30°의 각도로 굽힌 뒤 무릎과 팔을 곧게 펴 양손으로 손잡이를 잡게 하였다. 최대한 힘껏 당기도록 하며, 무릎을 구부리거나 몸이 뒤쪽으로 기울지 않도록 주의 하면서 2회 측정하여 최댓값을 0.1 kg 단위로 기록하였다.

#### (3) 제자리멀리뛰기(Standing long jump)

제자리멀리뛰기는 양발을 벌리고 발끝이 표시선에서 벗어나지 않게 서 있는 자세로 준비하였다. 도움닫기 없이 팔다리로 반동을 주어 가능한 한 멀리 뛰어 착지한 후 표시선에서 직각으로 가장 가까운 착지점(뒤꿈치선)까지의 거리를 측정하였다. 2회 측정하여 최댓값을 0.1 cm 단위로 기록하였다.

#### (4) 윗몸일으키기(Sit-up)

윗몸일으키기는 근지구력을 측정하기 위해 실시하였다. 측정판(T.K.K. 5505, TAKEI, Niigata, Japan)위에 누워 발을 30 cm 벌리고 무릎은 90°로 굽혀 손은 머리 뒤에 깎지를 낀 상태에서, 윗몸을 앞으로 일으켜 두 팔꿈치가 무릎에 닿은 후 다시 눕기를 반복하여 1분간 최대 횟수를 측정하였다.

#### (5) 하버드 스텝 테스트(Harverd step test)

하버드 스텝 테스트는 심폐지구력을 측정하기 위해 실시하였다. 높이 35 cm의 스텝 박스에서 분당 30회 속도로 3분간 오르내리기를 하였으며, 운동이 끝난 후 1분~1분 30초, 2분~2분 30초, 3분~3분 30초의 맥박수를 기록한 후, 공식(3)을 적용하여 신체효율지수(Physical efficiency index, PEI)를 산출하였다(Keen & Sloan, 1958).

$$\text{신체효율지수} = \frac{\text{운동지속시간(초)} \times 100}{2 \times 3\text{회 심박수의 합}} \quad \text{공식-(3)}$$

## 2) 신체구성(Body composition)

신체구성의 측정을 위해 대상자는 가벼운 복장을 하고 맨발로 자동신장·체중계(DS-103M, Dong San Jenix, Seoul, Korea)와 체성분 분석기(Inbody 770, Inbody,

Seoul, Korea)를 이용하여 신장, 체중 및 신체구성을 측정하였다. 또한 인체측정용 줄자를 이용하여 허리둘레와 엉덩이둘레를 측정하였고 허리-엉덩이둘레 비율 (Waist-hip ratio, WHR)을 산출하였다.

### 3) 대사증후군 위험요인(Metabolic risk factors)

#### (1) 혈압(Blood pressure)

혈압의 측정은 자동혈압측정기(OMRON HEM-770A, Omron, Kyoto, Japan)를 이용하여 우측 상완에서 수축기혈압과 이완기혈압을 측정하였다.

#### (2) 공복혈당(Fasting glucose)

공복혈당의 측정을 위해 대상자는 측정 전 12시간 이상의 공복과 30분의 안정을 취한 후, 비우세손의 중지에 일회용 채혈침과 채혈기(Acu-Check Softclix, Roche, Mannheim, Germany)를 이용하여 채혈한 후 검사지에 혈액을 흡입시키고 측정기(Acu-Check Guide, Roche, Mannheim, Germany)를 이용하여 측정하였다.

#### (3) 혈중지질농도(Blood lipid concentration)

혈중지질농도의 측정을 위해 대상자는 측정 전 12시간 이상의 공복과 30분의 안정을 취한 후, 채혈기와 모세혈관 튜브로 채혈하여 Mission Cholesterol Meter(Acon Laboratories, Inc. San Diego, CA, USA)를 사용하여 분석하였다. 총콜레스테롤, 중성지방 및 고밀도지단백 콜레스테롤을 측정하였으며, 저밀도지단백 콜레스테롤은 Friedewald 등(1972)의 공식(4)를 이용하여 계산하였다.

$$\text{저밀도지단백 콜레스테롤} = \text{총콜레스테롤} - \text{고밀도지단백 콜레스테롤} - (\text{중성지방} \div 5)$$

공식-(4)



## 5. 자료처리

본 연구에서 얻은 측정자료는 SPSS for windows(Version 21.0) 통계프로그램을 이용하여 분석하였으며, 각 변인의 평균(Mean)과 표준편차(Standard deviation)를 산출하였다. 집단과 시기 간에 대한 상호작용분석을 위해 이원 반복측정 분산분석(Two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 운동 적용 전·후 집단 간의 차이를 비교하기 위해 독립표본 t검정(Independent t-test)을 실시하였으며, 각 집단 내에서의 변화량을 확인하기 위해 대응표본 t검정(Paired t-test)을 실시하였다. 모든 분석의 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 .05로 하였다.

## IV. 연구 결과

본 연구는 복합운동 시 L-카르니틴 섭취가 과체중 여성의 체력, 신체구성 및 대사 증후군 위험요인에 미치는 영향을 규명하기 위해 실시하였으며, 8주간의 운동 적용 전·후에 각 변인을 측정된 결과는 다음과 같다.

### 1. 체력

#### 1) 우세손 악력(Grip strength of the dominant hand)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 우세손 악력의 측정 결과는 <Table 3>, <Table 4> 및 <Figure 3>과 같다. <Table 3>의 오른손 악력에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=.270$ ,  $p=.791$ )과 사후( $t=.634$ ,  $p=.535$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=-.982$ ,  $p=.355$ )와 CTC( $t=.028$ ,  $p=.979$ ) 모두 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 4>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.672$ ,  $p=.424$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.223$ ,  $p=.643$ ), 시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 3. The result of descriptive statistics and independent t-test for grip strength of the dominant hand (kg)

	Pre	Post	Total
CTP	29.10±5.37	30.22±6.78	29.66±6.07
CTC	28.35±6.30	28.33±5.81	28.34±6.05
Total	28.72±5.83	29.27±6.29	
<i>t</i>	.270	.634	
<i>p</i>	.791	.535	

*Mean ± standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group*

Table 4. The result of two-way repeated ANOVA for grip strength of the dominant hand

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	15.603	1	15.603	.223	.643	.014
<i>Error</i>	1118.032	16	69.877			
Within Subject						
Period	2.723	1	2.723	.621	.442	.037
Group×Period	2.947	1	2.947	.672	.424	.040
<i>Error</i>	70.126	16	4.383			

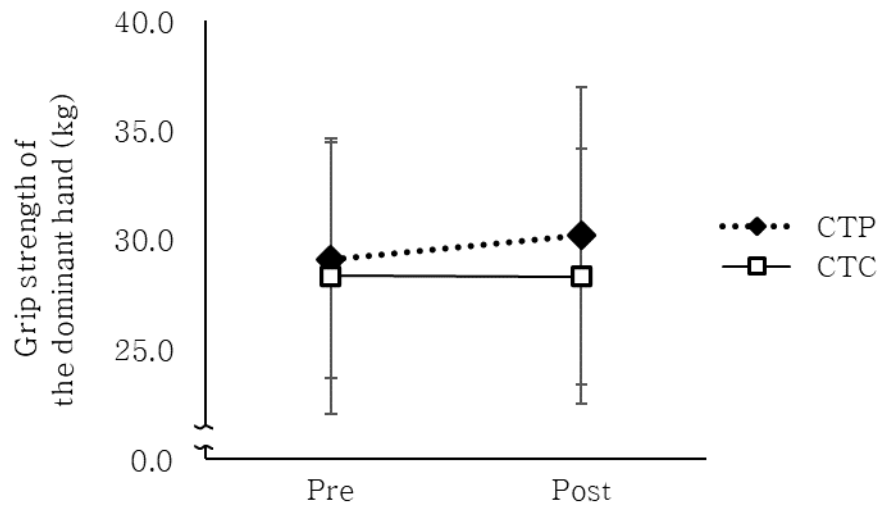


Figure 3. Change of grip strength of the dominant hand after combined training. CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

2) 비우세손 악력(Grip strength of the non-dominant hand)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 비우세손 악력의 측정 결과는 <Table 5>, <Table 6> 및 <Figure 4>와 같다. <Table 5>의 왼손 악력에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=-.476$ ,  $p=.641$ )과 사후( $t=.295$ ,  $p=.772$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=-1.453$ ,  $p=.184$ )와 CTC( $t=.527$ ,  $p=.613$ ) 모두 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 6>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.048$ ,  $p=.172$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.011$ ,  $p=.916$ ), 시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 5. The result of descriptive statistics and independent t-test for grip strength of the non-dominant hand (kg)

	Pre	Post	Total
CTP	26.38±5.35	27.71±5.53	27.04±5.44
CTC	27.50±4.51	27.06±3.52	27.28±4.01
Total	26.94±4.93	27.38±4.52	
<i>t</i>	-.476	.295	
<i>p</i>	.641	.772	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 6. The result of two-way repeated ANOVA for grip strength of the non-dominant hand

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	.490	1	.490	.011	.916	.001
<i>Error</i>	683.270	16	42.704			
Within Subject						
Period	1.778	1	1.778	.525	.479	.032
Group×Period	6.934	1	6.934	2.048	.172	.113
<i>Error</i>	54.188	16	3.387			

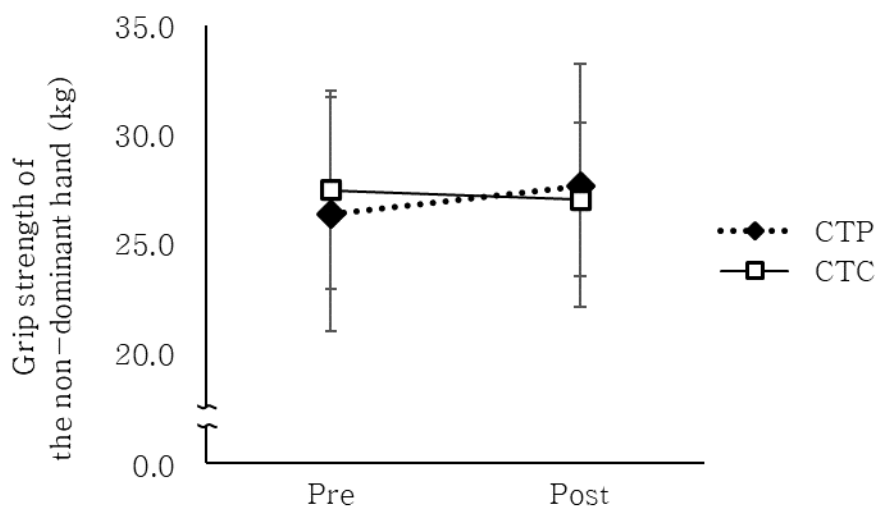


Figure 4. Change of grip strength of the non-dominant hand after combined training. *CTP*, Combined training+placebo intake group; *CTC*, Combined training+L-carnitine intake group

### 3) 배근력(Back strength)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 배근력의 측정 결과는 <Table 7>, <Table 8> 및 <Figure 5>와 같다. <Table 7>의 배근력에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=.209$ ,  $p=.837$ )과 사후( $t=-.433$ ,  $p=.670$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=-.477$ ,  $p=.646$ )와 CTC( $t=-2.051$ ,  $p=.074$ ) 모두 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 8>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.266$ ,  $p=.277$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.014$ ,  $p=.907$ ), 시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 7. The result of descriptive statistics and independent t-test for back strength (kg)

	Pre	Post	Total
CTP	69.72±23.52	71.72±24.94	70.72±24.23
CTC	67.55±20.43	76.27±19.28	71.91±19.85
Total	68.63±21.97	73.99±22.11	
<i>t</i>	.209	-.433	
<i>p</i>	.837	.670	

*Mean ± standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group*

Table 8. The result of two-way repeated ANOVA for back strength

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	12.840	1	12.840	.014	.907	.001
<i>Error</i>	14435.111	16	902.194			
Within Subject						
Period	258.674	1	258.674	3.221	.092	.168
Group×Period	101.674	1	101.674	1.266	.277	.073
<i>Error</i>	1284.778	16	80.299			

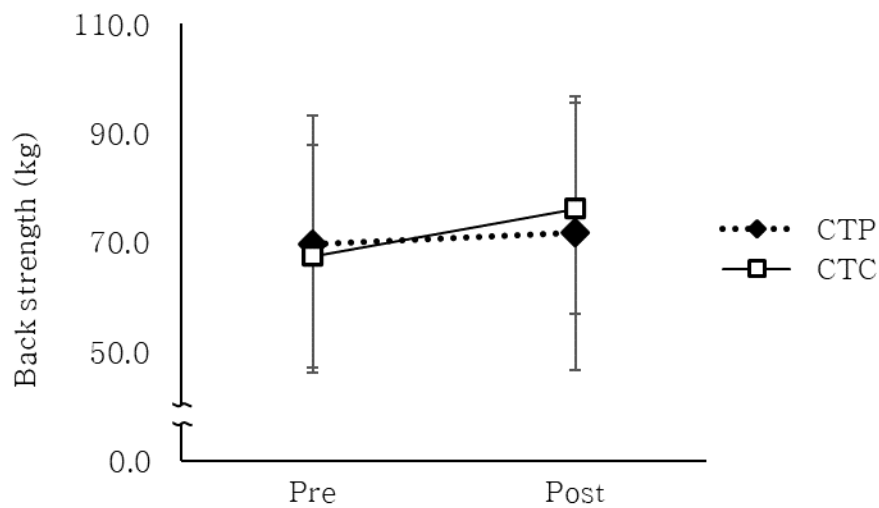


Figure 5. Change of back strength after combined training. *CTP*, Combined training+placebo intake group; *CTC*, Combined training+L-carnitine intake group



4) 제자리멀리뛰기(Standing long jump)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 제자리멀리뛰기의 측정 결과는 <Table 9>, <Table 10> 및 <Figure 6>과 같다. <Table 9>의 제자리멀리뛰기에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=-.605$ ,  $p=.553$ )과 사후( $t=-1.396$ ,  $p=.182$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=-.646$ ,  $p=.536$ )와 CTC( $t=-2.100$ ,  $p=.069$ ) 모두 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 10>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.149$ ,  $p=.162$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.996$ ,  $p=.333$ ), 시기 간에는 유의한 차이가 나타났다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 9. The result of descriptive statistics and independent t-test for standing long jump (cm)

	Pre	Post	Total
CTP	142.77±14.25	143.88±11.65	143.32±12.95
CTC	147.55±18.90	153.55±17.19	150.55±18.04
Total	145.16±16.57	148.71±14.42	
<i>t</i>	-.605	-1.396	
<i>p</i>	.553	.182	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 10. The result of two-way repeated ANOVA for standing long jump

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	469.444	1	469.444	.996	.333	.059
<i>Error</i>	7538.444	16	471.153			
Within Subject						
Period	113.778	1	113.778	4.546	.049	.221
Group×Period	53.778	1	53.778	2.149	.162	.118
<i>Error</i>	400.444	16	25.028			

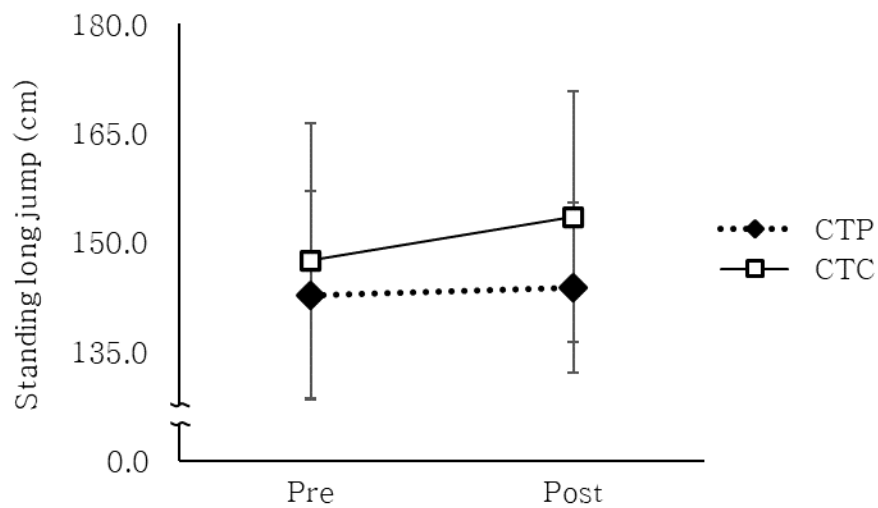


Figure 6. Change of standing long jump after combined training. *CTP*, Combined training+placebo intake group; *CTC*, Combined training+L-carnitine intake group

5) 윗몸일으키기(Sit-up)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 윗몸일으키기의 측정 결과는 <Table 11>, <Table 12> 및 <Figure 7>과 같다. <Table 11>의 윗몸일으키기에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=-.608$ ,  $p=.552$ )과 사후( $t=-.884$ ,  $p=.390$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=-1.237$ ,  $p=.251$ )는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았으나 CTC( $t=-4.082$ ,  $p=.004$ )는 사전보다 사후에 윗몸일으키기 횟수가 유의하게 증가하였다. <Table 12>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.757$ ,  $p=.204$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.568$ ,  $p=.462$ ), 시기 간에는 유의한 차이가 나타났다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 11. The result of descriptive statistics and independent t-test for sit-up (reps/60 sec)

	Pre	Post	Total
CTP	15.56±13.43	17.00±14.46	16.28±13.94
CTC	19.22±12.11	22.56±12.08	20.89±12.09
Total	17.39±12.77	19.78±13.27	
<i>t</i>	-.608	-.884	
<i>p</i>	.552	.390	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 12. The result of two-way repeated ANOVA for sit-up

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	191.361	1	191.361	.568	.462	.034
<i>Error</i>	5386.889	16	336.681			
Within Subject						
Period	51.361	1	51.361	11.240	.004	.413
Group×Period	8.028	1	8.028	1.757	.204	.099
<i>Error</i>	73.111	16	4.569			

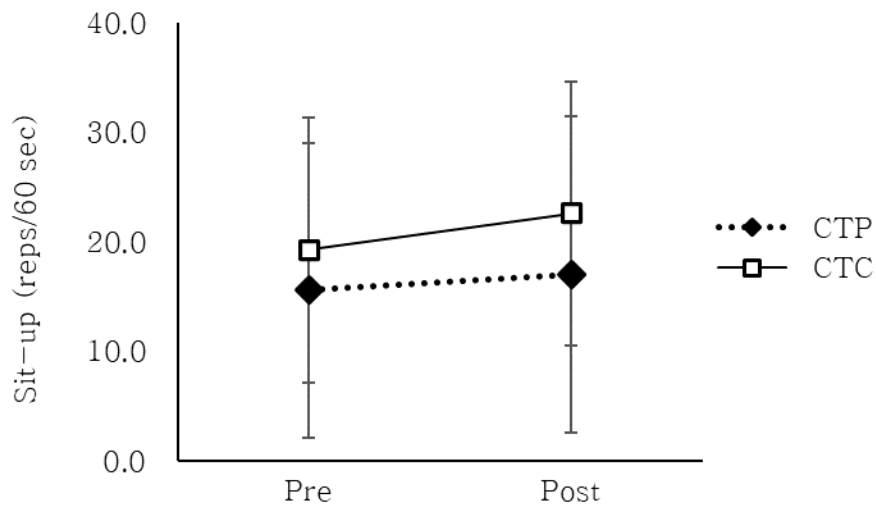


Figure 7. Change of sit-up after combined training. *CTP*, Combined training+placebo intake group; *CTC*, Combined training+L-carnitine intake group

6) 신체효율지수(Physical efficiency index)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 신체효율지수의 측정 결과는 <Table 13>, <Table 14> 및 <Figure 8>과 같다. <Table 13>의 신체효율지수에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=-.107$ ,  $p=.916$ )과 사후( $t=-1.491$ ,  $p=.155$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=-2.355$ ,  $p=.046$ )와 CTC( $t=-5.122$ ,  $p=.001$ ) 모두 사전과 사후에 신체효율지수가 유의하게 증가하였다. <Table 14>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.201$ ,  $p=.157$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으나 ( $F=.648$ ,  $p=.433$ ), 시기 간에는 유의한 차이가 나타났다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 13. The result of descriptive statistics and independent t-test for physical efficiency index (score)

	Pre	Post	Total
CTP	50.65±7.31	54.67±3.92	52.66±5.61
CTC	50.96±4.81	58.29±6.12	54.62±5.46
Total	50.80±6.06	56.48±5.02	
<i>t</i>	-.107	-1.491	
<i>p</i>	.916	.155	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 14. The result of two-way repeated ANOVA for physical efficiency index

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	34.732	1	34.732	.648	.433	.039
<i>Error</i>	858.127	16	53.633			
Within Subject						
Period	289.898	1	289.898	25.952	.001	.619
Group×Period	24.592	1	24.592	2.201	.157	.121
<i>Error</i>	178.731	16	11.171			

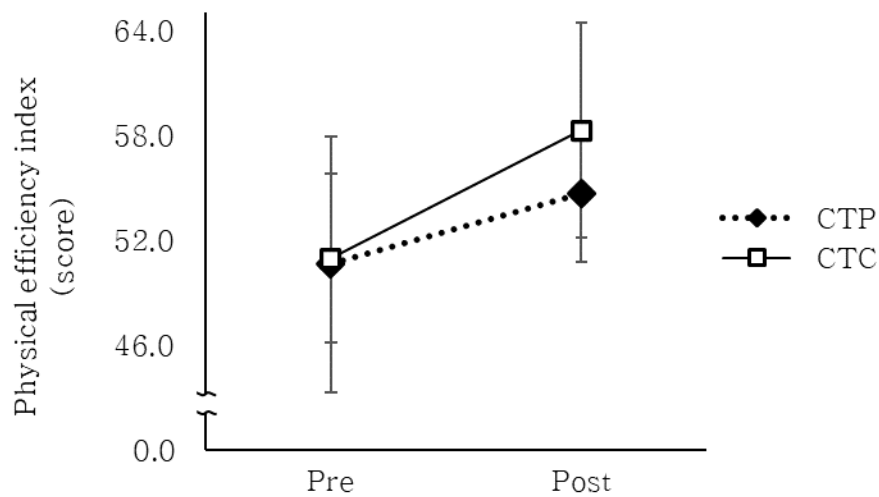


Figure 8. Change of physical efficiency index after combined training. *CTP*, Combined training+placebo intake group; *CTC*, Combined training+L-carnitine intake group

## 2. 신체구성

### 1) 체중(Body weight)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따른 체중의 변화 결과는 <Table 15>, <Table 16> 및 <Figure 9>와 같다. <Table 15>의 체중에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=1.525$ ,  $p=.147$ )과 사후( $t=1.722$ ,  $p=.104$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=.361$ ,  $p=.728$ )와 CTC( $t=-.031$ ,  $p=.976$ ) 모두 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 16>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.116$ ,  $p=.738$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으며 ( $F=2.617$ ,  $p=.125$ ), 시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=0.99$ ,  $p=.757$ ).

Table 15. The result of descriptive statistics and independent *t*-test for body weight (kg)

	Pre	Post	Total
CTP	72.73±13.90	72.45±11.74	72.59±12.82
CTC	65.32±4.38	65.33±3.99	65.32±4.18
Total	69.02±9.14	68.89±7.86	
<i>t</i>	1.525	1.722	
<i>p</i>	.147	.104	

Mean±standard deviation. CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 16. The result of two-way repeated ANOVA for body weight

	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	475.240	1	475.240	2.617	.125	.141
Error	2905.136	16	181.571			
Within Subject						
Period	.160	1	.160	.099	.757	.006
Group×Period	.188	1	.188	.116	.738	.007
Error	25.862	16	1.616			

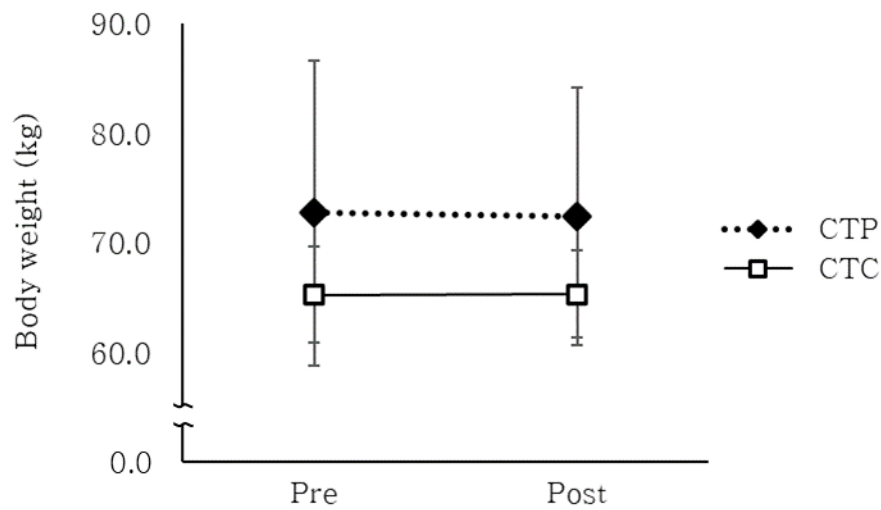


Figure 9. Change of body weight after combined training. *CTP*, *Combined training+placebo intake group*; *CTC*, *Combined training+L-carnitine intake group*



2) 체질량지수(Body mass index)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 체질량지수의 측정 결과는 <Table 17>, <Table 18> 및 <Figure 10>과 같다. <Table 17>의 체질량지수에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=1.542$ ,  $p=.143$ )과 사후( $t=1.763$ ,  $p=.097$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=.333$ ,  $p=.748$ )와 CTC( $t=.001$ ,  $p=1.001$ ) 모두 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 18>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.710$ ,  $p=.119$ ), 시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 17. The result of descriptive statistics and independent *t*-test for body mass index (kg/m<sup>2</sup>)

	Pre	Post	Total
CTP	27.55±4.63	27.45±3.84	27.50±4.23
CTC	24.97±1.91	24.97±1.74	24.97±1.825
Total	26.26±3.27	26.21±2.79	
<i>t</i>	1.542	1.763	
<i>p</i>	.143	.097	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 18. The result of two-way repeated ANOVA for body mass index

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	57.507	1	57.507	2.710	.119	.145
<i>Error</i>	339.556	16	21.222			
Within Subject						
Period	.022	1	.022	.091	.767	.006
Group×Period	.022	1	.022	.091	.767	.006
<i>Error</i>	3.960	16	.247			

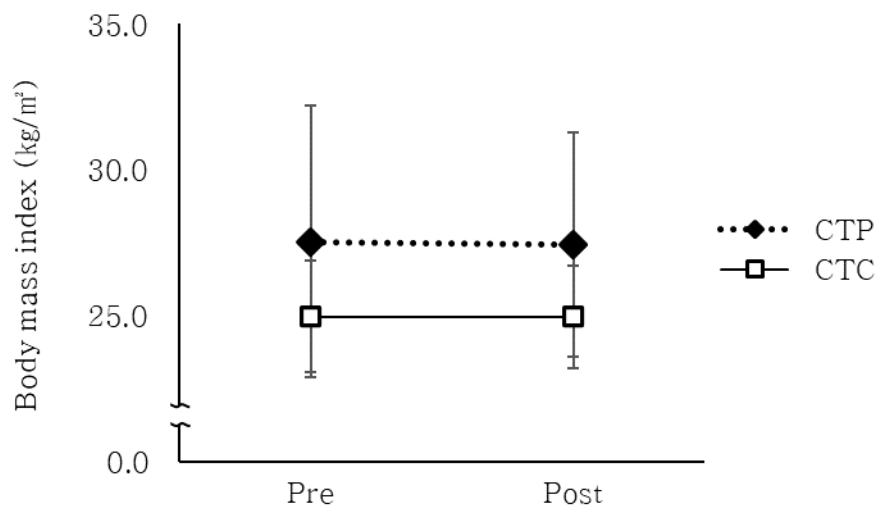


Figure 10. Change of body mass index after combined training. *CTP*, *Combined training+placebo intake group*; *CTC*, *Combined training+L-carnitine intake group*

### 3) 체지방량(Body fat mass)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 체지방량의 측정 결과는 <Table 19>, <Table 20> 및 <Figure 11>과 같다. <Table 19>의 체지방량에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=1.577$ ,  $p=.134$ )에는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 사후( $t=2.392$ ,  $p=.029$ )에는 CTP보다 CTC에서 유의하게 감소하였다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=1.325$ ,  $p=.222$ )는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았으나 CTC( $t=8.388$ ,  $p=.001$ )는 사전보다 사후에 체지방량이 유의하게 감소하였다. <Table 20>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.670$ ,  $p=.122$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=3.776$ ,  $p=.070$ ), 시기 간에는 유의한 차이가 나타났다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 19. The result of descriptive statistics and independent t-test for body fat mass (kg)

	Pre	Post	Total
CTP	25.42±7.56	24.67±5.94	25.04±6.75
CTC	21.03±3.53	19.31±3.15	20.17±3.34
Total	23.22±5.54	21.99±4.54	
<i>t</i>	1.577	2.392	
<i>p</i>	.134	.029	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 20. The result of two-way repeated ANOVA for body fat mass

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	214.134	1	214.134	3.776	.070	.191
<i>Error</i>	907.231	16	56.702			
Within Subject						
Period	13.960	1	13.960	16.994	.001	.515
Group×Period	2.151	1	2.151	2.670	.122	.143
<i>Error</i>	12.889	16	.806			

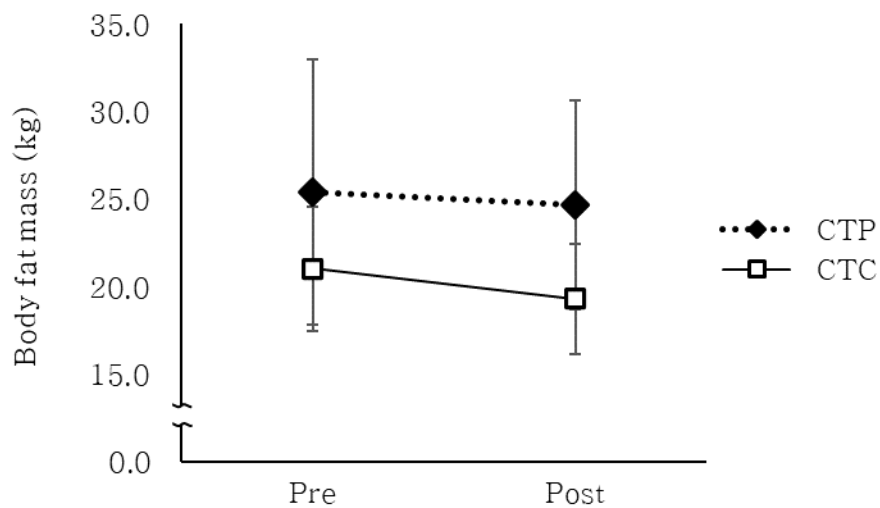


Figure 11. Change of body fat mass after combined training. *CTP*, *Combined training+placebo intake group*; *CTC*, *Combined training+L-carnitine intake group*

#### 4) 체지방률(Percent body fat)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 체지방률의 측정 결과는 <Table 21>, <Table 22> 및 <Figure 12>와 같다. <Table 21>의 체지방률에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=1.300$ ,  $p=.212$ )에는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 사후( $t=2.675$ ,  $p=.017$ )에는 CTP보다 CTC에서 유의하게 감소하였다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=1.986$ ,  $p=.082$ )는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았으나 CTC( $t=8.531$ ,  $p=.001$ )는 사전보다 사후에 체지방률이 유의하게 감소하였다. <Table 22>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타났다( $F=14.817$ ,  $p=.001$ ). 집단 간 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=3.783$ ,  $p=.070$ ), 시기 간에는 유의한 차이가 나타났다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 21. The result of descriptive statistics and independent t-test for percent body fat (%)

	Pre	Post	Total
CTP	34.44±3.68	33.73±2.92	34.08±3.30
CTC	32.08±3.99	29.60±3.59	30.84±3.79
Total	33.26±3.68	31.66±3.25	
<i>t</i>	1.300	2.675	
<i>p</i>	.212	.017	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 22. The result of two-way repeated ANOVA for percent body fat

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	94.738	1	94.738	3.783	.070	.191
<i>Error</i>	400.652	16	25.041			
Within Subject						
Period	23.040	1	23.040	48.007	.001	.750
Group×Period	7.111	1	7.111	14.817	.001	.481
<i>Error</i>	7.679	16	.480			

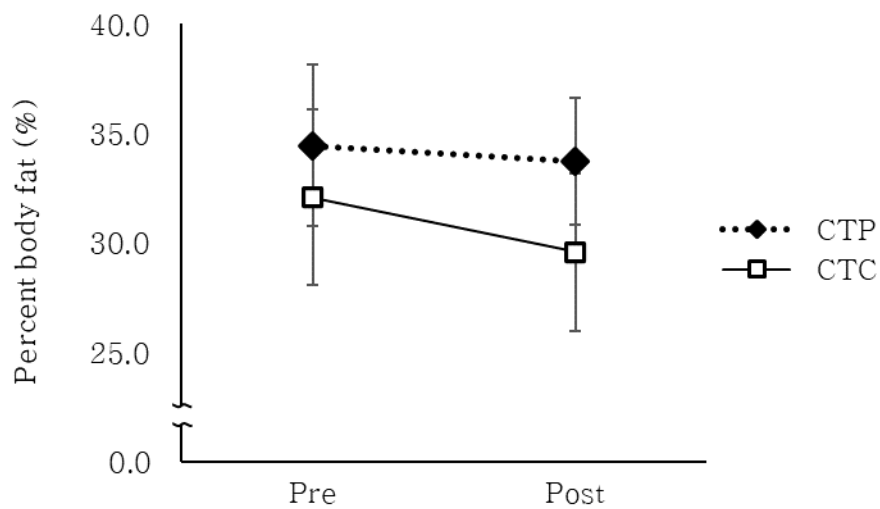


Figure 12. Change of percent body fat after combined training. *CTP*, *Combined training+placebo intake group*; *CTC*, *Combined training+L-carnitine intake group*

5) 제지방량(Fat-free mass)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 제지방량의 측정 결과는 <Table 23>, <Table 24> 및 <Figure 13>과 같다. <Table 23>의 제지방량에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=1.239$ ,  $p=.233$ )과 사후( $t=.873$ ,  $p=.396$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=-1.659$ ,  $p=.136$ )는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았으나 CTC( $t=-4.386$ ,  $p=.002$ )는 사전보다 사후에 제지방량이 유의하게 증가하였다. <Table 24>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타났다( $F=5.445$ ,  $p=.033$ ). 집단 간 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=1.137$ ,  $p=.302$ ), 시기 간에는 유의한 차이가 나타났다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 23. The result of descriptive statistics and independent t-test for fat-free mass (kg)

	Pre	Post	Total
CTP	47.31±6.70	47.77±6.18	47.54±6.44
CTC	44.28±2.93	45.78±2.91	45.03±2.92
Total	45.03±2.92	46.77±4.54	
<i>t</i>	1.239	.873	
<i>p</i>	.233	.396	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 24. The result of two-way repeated ANOVA for fat-free mass

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	56.500	1	56.500	1.137	.302	.066
<i>Error</i>	795.142	16	49.696			
Within Subject						
Period	8.702	1	8.702	19.722	.001	.552
Group×Period	2.402	1	2.402	5.445	.033	.254
<i>Error</i>	7.060	16	.441			

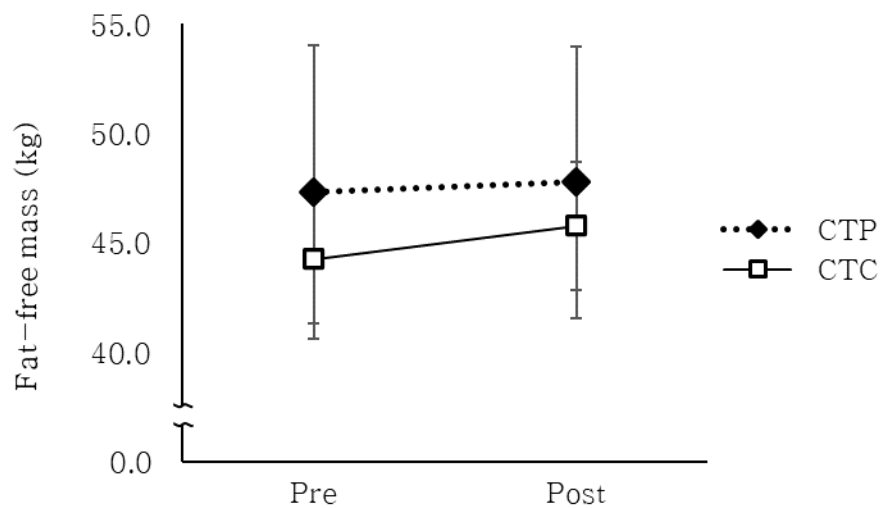


Figure 13. Change of fat-free mass after combined training. *CTP*, *Combined training+placebo intake group*; *CTC*, *Combined training+L-carnitine intake group*



6) 골격근량(Skeletal muscle mass)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 골격근량의 측정 결과는 <Table 25>, <Table 26> 및 <Figure 14>와 같다. <Table 25>의 골격근량에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=1.192$ ,  $p=.251$ )과 사후( $t=.723$ ,  $p=.480$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=-1.823$ ,  $p=.106$ )는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았으나 CTC( $t=-6.011$ ,  $p=.001$ )는 사전보다 사후에 골격근량이 유의하게 증가하였다. <Table 26>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타났다( $F=9.389$ ,  $p=.007$ ). 집단 간 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.941$ ,  $p=.346$ ), 시기 간에는 유의한 차이가 나타났다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 25. The result of descriptive statistics and independent t-test for skeletal muscle mass (kg)

	Pre	Post	Total
CTP	26.17±3.63	26.46±3.36	26.31±3.49
CTC	24.58±1.67	25.57±1.51	25.07±1.59
Total	25.37±2.65	26.01±2.43	
<i>t</i>	1.192	.723	
<i>p</i>	.251	.480	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 26. The result of two-way repeated ANOVA for skeletal muscle mass

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	13.814	1	13.814	.941	.346	.056
<i>Error</i>	234.881	16	14.680			
Within Subject						
Period	3.674	1	3.674	31.283	.001	.662
Group×Period	1.102	1	1.102	9.389	.007	.370
<i>Error</i>	1.879	16	.117			

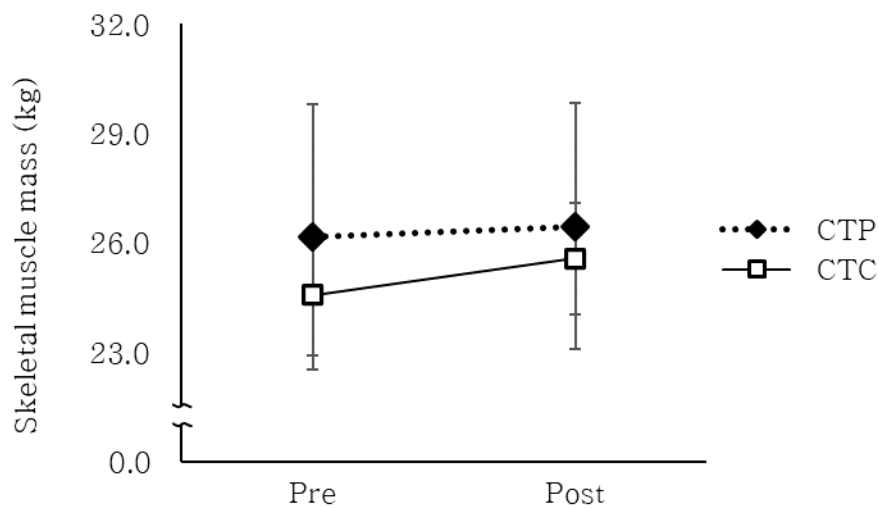


Figure 14. Change of skeletal muscle mass after combined training. *CTP*, *Combined training+placebo intake group*; *CTC*, *Combined training+L-carnitine intake group*

7) 허리둘레(Waist circumference)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 허리둘레의 측정 결과는 <Table 27>, <Table 28> 및 <Figure 15>와 같다. <Table 27>의 허리둘레에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=1.243$ ,  $p=.232$ )과 사후( $t=1.945$ ,  $p=.070$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=1.389$ ,  $p=.202$ )는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았으나 CTC( $t=3.230$ ,  $p=.012$ )는 사전보다 사후에 허리둘레가 유의하게 감소하였다. <Table 28>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.344$ ,  $p=.566$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=2.446$ ,  $p=.137$ ), 시기 간에는 유의한 차이가 나타났다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 27. The result of descriptive statistics and independent t-test for waist circumference (cm)

	Pre	Post	Total
CTP	83.36±13.68	81.00±9.35	82.18±1.15
CTC	76.61±8.88	73.05±7.91	74.83±8.39
Total	79.98±11.28	77.02±8.63	
<i>t</i>	1.243	1.945	
<i>p</i>	.232	.070	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 28. The result of two-way repeated ANOVA for waist circumference

	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	486.202	1	486.202	2.446	.137	.133
Error	3180.890	16	198.806			
Within Subject						
Period	78.914	1	78.914	8.525	.010	.348
Group×Period	3.180	1	3.180	.344	.566	.021
Error	148.101	16	9.256			

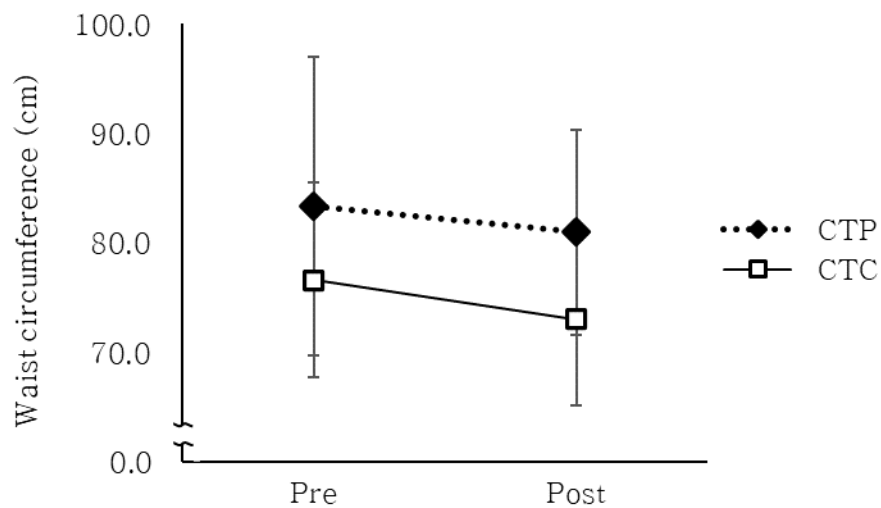


Figure 15. Change of waist circumference after combined training. *CTP*, Combined training+placebo intake group; *CTC*, Combined training+L-carnitine intake group

8) 엉덩이둘레(Hip circumference)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 엉덩이둘레의 측정 결과는 <Table 29>, <Table 30> 및 <Figure 16>과 같다. <Table 17>의 엉덩이둘레에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=1.310$ ,  $p=.209$ )과 사후( $t=2.094$ ,  $p=.053$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=.172$ ,  $p=.867$ )와 CTC( $t=1.198$ ,  $p=.265$ )는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 18>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타났다( $F=.734$ ,  $p=.044$ ). 집단 간 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.876$ ,  $p=.109$ ), 시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 29. The result of descriptive statistics and independent t-test for hip circumference (cm)

	Pre	Post	Total
CTP	101.88±6.60	101.77±5.71	101.82±6.15
CTC	98.58±3.67	97.55±1.99	98.06±2.83
Total	100.23±5.13	99.66±3.85	
<i>t</i>	1.310	2.094	
<i>p</i>	.209	.053	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 30. The result of two-way repeated ANOVA for hip circumference

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	127.314	1	127.314	2.876	.109	.152
<i>Error</i>	708.201	16	44.263			
Within Subject						
Period	2.947	1	2.947	1.130	.304	.066
Group×Period	1.914	1	1.914	.734	.044	.044
<i>Error</i>	41.734	16	2.608			

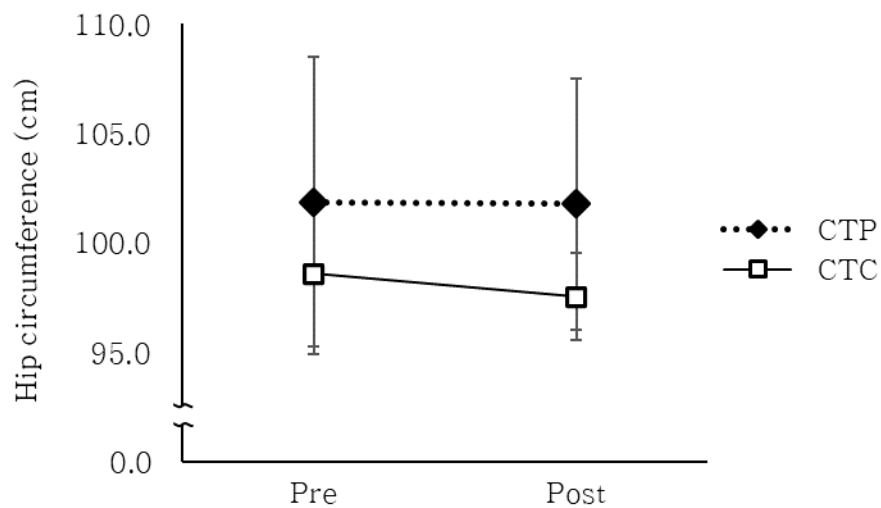


Figure 16. Change of hip circumference after combined training. *CTP*, *Combined training+placebo intake group*; *CTC*, *Combined training+L-carnitine intake group*

9) 허리-엉덩이둘레 비율(Waist-hip ratio)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 허리-엉덩이둘레 비율 측정 결과는 <Table 31>, <Table 32> 및 <Figure 17>과 같다. <Table 31>의 허리-엉덩이둘레에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=.946$ ,  $p=.358$ )과 사후( $t=1.417$ ,  $p=.176$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=1.41$ ,  $p=.195$ )는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았으나 CTC( $t=2.91$ ,  $p=.019$ )는 사전보다 사후에 허리-엉덩이둘레 비율이 유의하게 감소하였다. <Table 32>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.218$ ,  $p=.647$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=1.396$ ,  $p=.255$ ), 시기 간에는 유의한 차이가 나타났다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 31. The result of descriptive statistics and independent t-test for waist-hip ratio (%)

	Pre	Post	Total
CTP	.81±.09	.79±.06	.80±.75
CTC	.77±.07	.74±.07	.75±.07
Total	.79±.08	.76±.07	
<i>t</i>	.946	1.417	
<i>p</i>	.358	.176	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 32. The result of two-way repeated ANOVA for waist-hip ratio

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	.016	1	.016	1.396	.255	.080
<i>Error</i>	.189	16	.012			
Within Subject						
Period	.005	1	.005	7.889	.013	.330
Group×Period	.001	1	.001	.218	.647	.013
<i>Error</i>	.011	16	.001			

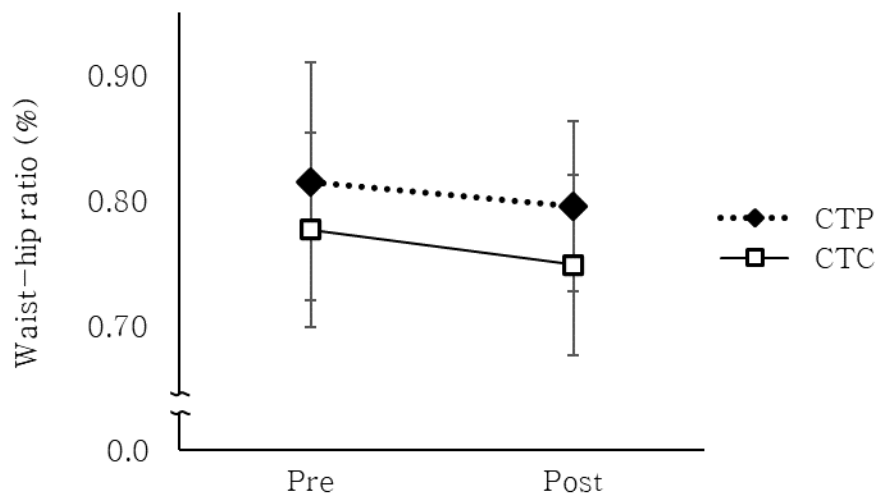


Figure 17. Change of waist-hip ratio after combined training. *CTP*, *Combined training+placebo intake group*; *CTC*, *Combined training+L-carnitine intake group*



### 3. 대사증후군 위험요인

#### 1) 수축기혈압(Systolic blood pressure)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 수축기혈압의 측정 결과는 <Table 33>, <Table 34> 및 <Figure 18>과 같다. <Table 33>의 수축기혈압에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=.754$ ,  $p=.462$ )과 사후( $t=-.933$ ,  $p=.365$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=2.63$ ,  $p=.030$ )는 사전보다 사후에 수축기혈압이 유의하게 감소하였으나 CTC( $t=.231$ ,  $p=.823$ )는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 34>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.686$ ,  $p=.121$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았고( $F=.016$ ,  $p=.901$ ), 시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다.( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 33. The result of descriptive statistics and independent t-test for systolic blood pressure (mmHg)

	Pre	Post	Total
CTP	131.22±9.52	121.66±11.28	126.44±10.40
CTC	127.44±11.63	126.55±10.94	126.99±11.28
Total	129.33±10.57	124.10±11.11	
<i>t</i>	.754	-.933	
<i>p</i>	.462	.365	

*Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group*

Table 34. The result of two-way repeated ANOVA for systolic blood pressure

	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	2.778	1	2.778	.016	.901	.001
Error	2777.444	16	173.590			
Within Subject						
Period	245.444	1	245.444	3.902	.066	.196
Group×Period	169.001	1	169.001	2.686	.121	.144
Error	1006.556	16	62.910			

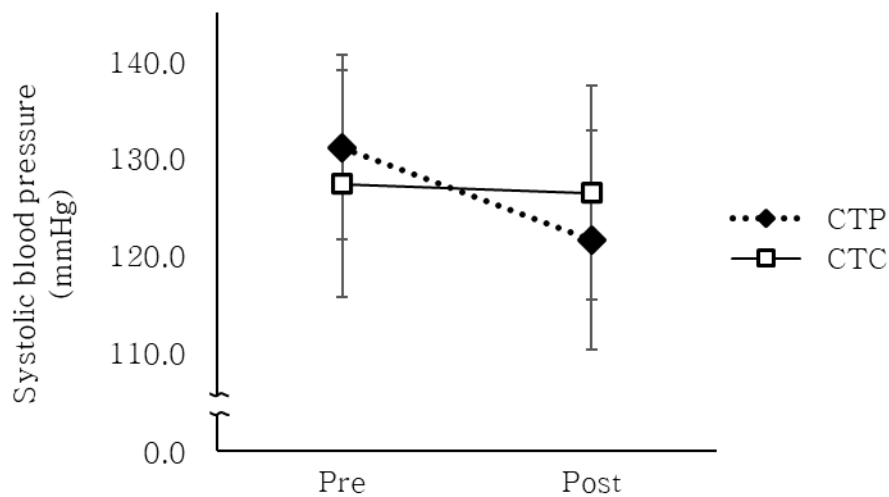


Figure 18. Change of systolic blood pressure after combined training. *CTP*, Combined training+placebo intake group; *CTC*, Combined training+L-carnitine intake group

2) 이완기혈압(Diastolic blood pressure)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 이완기혈압 측정 결과는 <Table 35>, <Table 36> 및 <Figure 19>와 같다. <Table 35>의 이완기혈압에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=.527$ ,  $p=.605$ )과 사후( $t=-.686$ ,  $p=.503$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=3.809$ ,  $p=.005$ )는 사전보다 사후에 이완기혈압이 유의하게 감소하였으나 CTC( $t=1.857$ ,  $p=.100$ )는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 36>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.947$ ,  $p=.182$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.001$ ,  $p=.978$ ), 시기 간에는 유의한 차이가 나타났다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 35. The result of descriptive statistics and independent t-test for diastolic blood pressure (mmHg)

	Pre	Post	Total
CTP	85.33±10.36	75.00±7.51	80.16±8.93
CTC	82.78±10.20	77.77±9.54	80.27±9.87
Total	84.05±10.28	75.38±8.52	
<i>t</i>	.527	-.686	
<i>p</i>	.605	.503	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 36. The result of two-way repeated ANOVA for diastolic blood pressure

	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	.111	1	.111	.001	.978	.001
Error	2349.111	16	146.819			
Within Subject						
Period	529.001	1	529.001	16.091	.001	.501
Group×Period	64.001	1	64.001	1.947	.182	.108
Error	526.001	16	32.875			

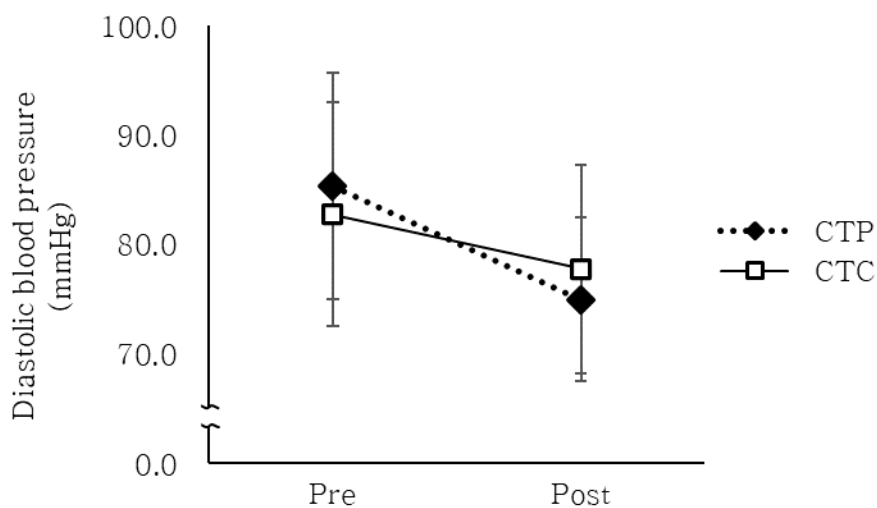


Figure 19. Change of diastolic blood pressure after combined training. *CTP*, Combined training+placebo intake group; *CTC*, Combined training+L-carnitine intake group

### 3) 공복혈당(Fasting glucose)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 공복혈당의 측정 결과는 <Table 37>, <Table 38> 및 <Figure 20>과 같다. <Table 37>의 공복혈당에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=1.471$ ,  $p=.161$ )과 사후( $t=-.530$ ,  $p=.604$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=.785$ ,  $p=.455$ )와 CTC( $t=.163$ ,  $p=.874$ ) 모두 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 38>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.346$ ,  $p=.564$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.174$ ,  $p=.295$ ), 시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 37. The result of descriptive statistics and independent t-test for fasting glucose (mg/dl)

	Pre	Post	Total
CTP	98.89±10.97	95.33±13.22	97.11±12.09
CTC	92.78±5.91	92.33±10.66	92.55±8.28
Total	95.83±8.44	93.83±11.94	
<i>t</i>	1.471	-.530	
<i>p</i>	.161	.604	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 38. The result of two-way repeated ANOVA for fasting glucose

	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	186.778	1	186.778	1.174	.295	.068
Error	2546.222	16	159.139			
Within Subject						
Period	36.001	1	36.001	.572	.460	.035
Group×Period	21.778	1	21.778	.346	.564	.021
Error	1006.222	16	62.889			

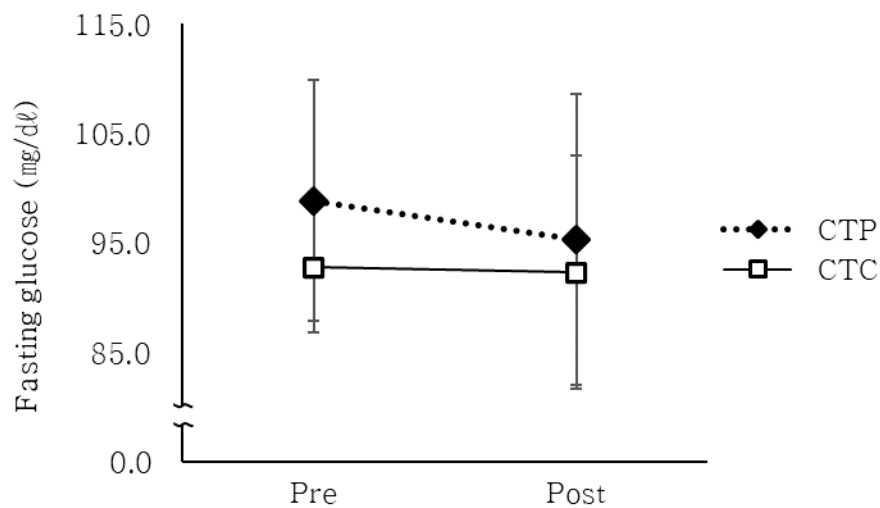


Figure 20. Change of fasting glucose after combined training. *CTP*, *Combined training+placebo intake group*; *CTC*, *Combined training+L-carnitine intake group*

#### 4) 총콜레스테롤(Total cholesterol)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 총콜레스테롤의 측정 결과는 <Table 39>, <Table 40> 및 <Figure 21>과 같다. <Table 27>의 총콜레스테롤에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=.675$ ,  $p=.509$ )과 사후( $t=-.476$ ,  $p=.641$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=.823$ ,  $p=.435$ )와 CTC( $t=-.847$ ,  $p=.422$ ) 모두 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 28>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.370$ ,  $p=.259$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.016$ ,  $p=.901$ ), 시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 39. The result of descriptive statistics and independent t-test for total cholesterol (mg/dl)

	Pre	Post	Total
CTP	244.33±66.86	227.55±59.00	235.94±62.93
CTC	226.22±44.74	239.88±50.66	233.05±47.70
Total	235.27±55.80	233.71±54.83	
<i>t</i>	.675	-.476	
<i>p</i>	.509	.641	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 40. The result of two-way repeated ANOVA for total cholesterol

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	75.111	1	75.111	.016	.901	.001
<i>Error</i>	75805.889	16	4737.868			
Within Subject						
Period	21.778	1	21.778	.014	.906	.001
Group×Period	2085.444	1	2085.444	1.370	.259	.079
<i>Error</i>	24352.778	16	1522.049			

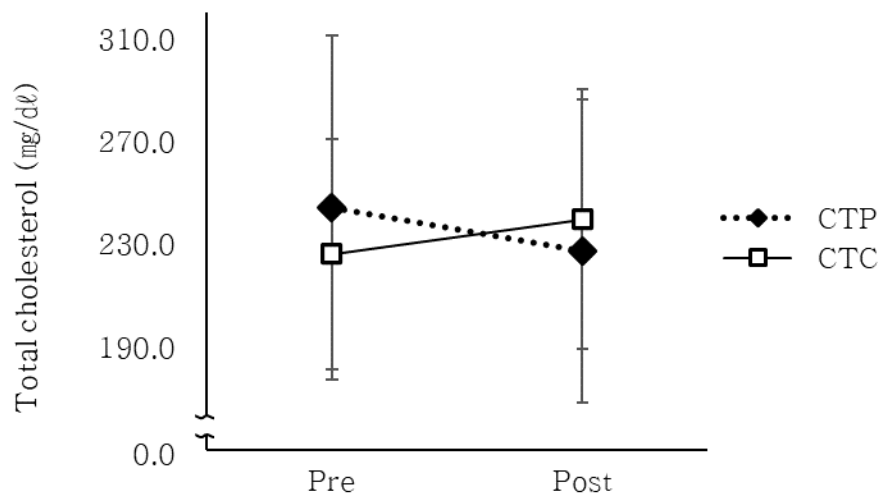


Figure 21. Change of total cholesterol after combined training. *CTP*, *Combined training+placebo intake group*; *CTC*, *Combined training+L-carnitine intake group*



5) 고밀도지단백 콜레스테롤(High-density lipoprotein cholesterol)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 고밀도지단백 콜레스테롤 측정 결과는 <Table 40>, <Table 41> 및 <Figure 22>와 같다. <Table 40>의 고밀도지단백 콜레스테롤에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=-1.380$ ,  $p=.187$ )과 사후( $t=-1.573$ ,  $p=.135$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=.334$ ,  $p=.747$ )와 CTC( $t=.020$ ,  $p=.985$ ) 모두 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 41>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.023$ ,  $p=.881$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으며 ( $F=2.532$ ,  $p=.131$ ), 시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 40. The result of descriptive statistics and independent t-test for high-density lipoprotein cholesterol (mg/dl)

	Pre	Post	Total
CTP	67.78±18.38	66.66±21.61	67.22±19.99
CTC	80.11±19.51	80.00±13.38	80.05±16.64
Total	73.94±18.94	73.33±17.49	
<i>t</i>	-1.380	-1.573	
<i>p</i>	.187	.135	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 41. The result of two-way repeated ANOVA for high-density lipoprotein cholesterol

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	1482.250	1	1482.250	2.532	.131	.137
<i>Error</i>	9367.556	16	585.472			
Within Subject						
Period	3.361	1	3.361	.035	.855	.002
Group×Period	2.250	1	2.250	.023	.881	.001
<i>Error</i>	1554.889	16	97.181			

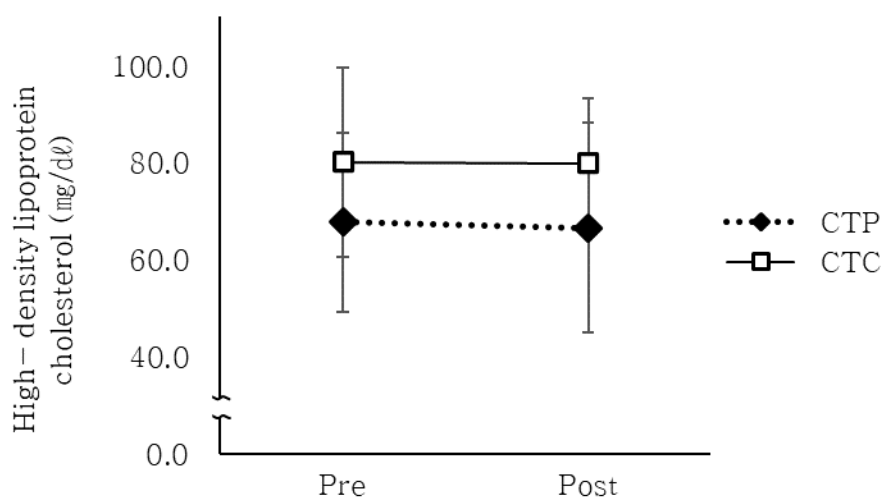


Figure 22. Change of high-density lipoprotein cholesterol after combined training. *CTP*, Combined training+placebo intake group; *CTC*, Combined training+L-carnitine intake group

6) 저밀도지단백 콜레스테롤(Low-density lipoprotein cholesterol)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 저밀도지단백 콜레스테롤의 측정 결과는 <Table 42>, <Table 43> 및 <Figure 23>과 같다. <Table 42>의 저밀도지단백 콜레스테롤에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=1.061$ ,  $p=.304$ )과 사후( $t=.071$ ,  $p=.944$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=1.289$ ,  $p=.234$ )와 CTC( $t=-.119$ ,  $p=.908$ ) 모두 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. <Table 43>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.221$ ,  $p=.286$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.477$ ,  $p=.500$ ), 시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 42. The result of descriptive statistics and independent t-test for low-density lipoprotein cholesterol (mg/dℓ)

	Pre	Post	Total
CTP	149.22±57.93	126.33±49.34	137.77±53.63
CTC	123.26±44.99	124.84±38.63	124.05±41.81
Total	136.24±51.46	125.58±43.98	
<i>t</i>	1.061	.071	
<i>p</i>	.304	.944	

Mean±standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 43. The result of two-way repeated ANOVA for low-density lipoprotein cholesterol

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	1694.694	1	1694.694	.477	.500	.029
<i>Error</i>	56814.476	16	3550.905			
Within Subject						
Period	1021.868	1	1021.868	.926	.350	.055
Group×Period	1346.890	1	1346.890	1.221	.286	.071
<i>Error</i>	17656.262	16	1103.516			

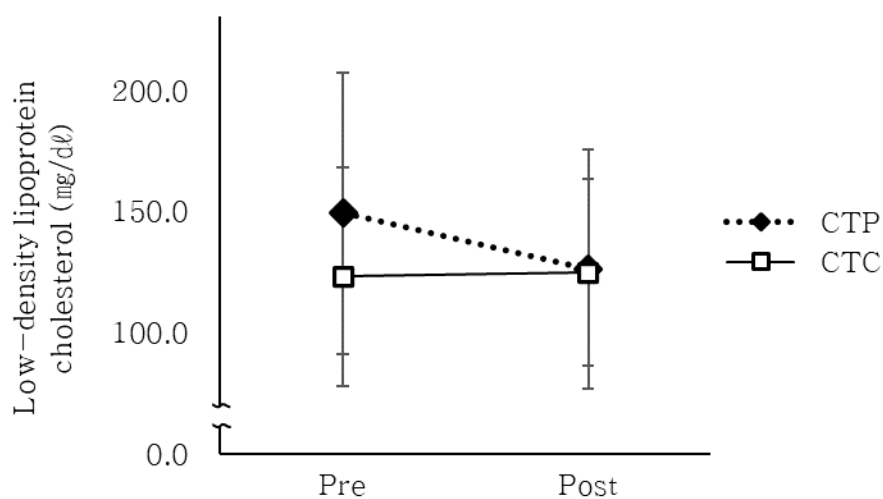


Figure 23. Change of low-density lipoprotein cholesterol after combined training. *CTP*, Combined training+placebo intake group; *CTC*, Combined training+L-carnitine intake group

## 7) 중성지방(Triglyceride)

복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 중성지방의 측정 결과는 <Table 44>, <Table 45> 및 <Figure 24>와 같다. <Table 44>의 중성지방에 대한 집단 간 비교를 한 결과, 사전( $t=726$ ,  $p=.479$ )과 사후( $t=-.057$ ,  $p=.955$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 확인한 결과, CTP( $t=-1.034$ ,  $p=.331$ )는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았으나 CTC( $t=-2.672$ ,  $p=.028$ )는 사전보다 사후에 중성지방이 유의하게 증가하였다. <Table 45>의 집단과 시기의 상호작용 효과를 확인한 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.356$ ,  $p=.559$ ). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.104$ ,  $p=.751$ ), 시기 간에는 유의한 차이가 나타났다( $F=.091$ ,  $p=.767$ ).

Table 44. The result of descriptive statistics and independent t-test for triglyceride (mmHg)

	Pre	Post	Total
CTP	136.67±82.61	172.77±82.42	154.72±82.51
CTC	114.22±42.25	175.22±98.75	144.72±70.51
Total	125.44±62.43	175.49±90.60	
<i>t</i>	.726	-.057	
<i>p</i>	.479	.955	

Mean ± standard deviation; CTP, Combined training+placebo intake group; CTC, Combined training+L-carnitine intake group

Table 45. The result of two-way repeated ANOVA for triglyceride

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	900.001	1	900.001	.104	.751	.006
<i>Error</i>	138575.222	16	8660.951			
Within Subject						
Period	21218.778	1	21218.778	5.416	.033	.253
Group×Period	1393.778	1	1393.778	.356	.559	.022
<i>Error</i>	62685.444	16	3917.840			

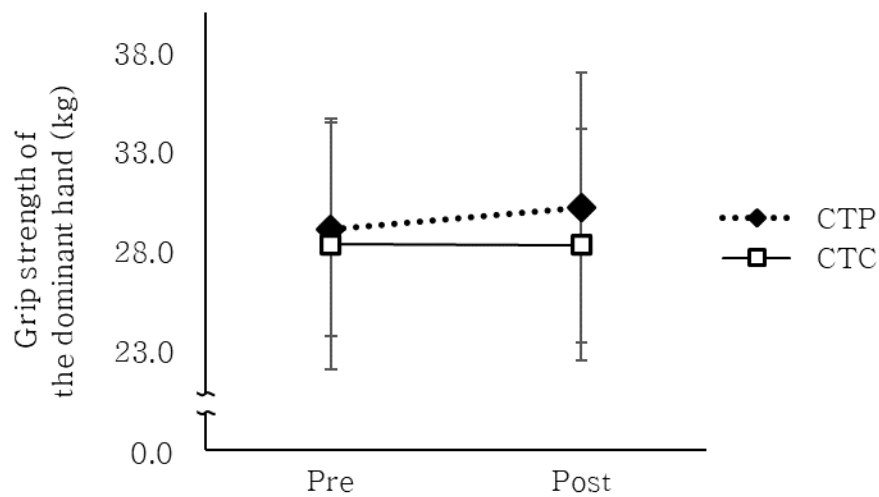


Figure 24. Change of triglyceride after combined training. *CTP*, Combined training+placebo intake group; *CTC*, Combined training+L-carnitine intake group

## V. 논 의

본 연구는 과체중 성인 여성을 대상으로 복합운동 시 L-카르니틴 섭취가 체력, 신 체구성 및 대사증후군 위험요인에 어떠한 영향을 미치는지 규명하기 위한 연구이다. L-카르니틴 섭취 여부에 따라 2개의 집단으로 구성하여, 8주간 유·무산소성 복합운 동 시 일일 2 g의 L-카르니틴과 위약을 섭취한 후 확인한 결과를 바탕으로 다음과 같이 논의하고자 한다.

### 1. 체력

L-카르니틴은 지방산의 베타산화를 위해 미토콘드리아 내로 지방산을 이동시켜 ATP(Adenosine triphosphate) 생성을 돕는 기능으로 잘 알려진 물질이다. 따라서 골격근 내의 카르니틴 가용성은 운동 중의 탄수화물 혹은 지방 대사에 영향을 미친 다. 보충제로서 L-카르니틴의 역할은, 이 물질을 규칙적으로 경구 섭취하면 세포 내 카르니틴의 농도가 증가한다는 가정에 근거한다(Pooyandjoo et al., 2016). 이렇게 증 가된 골격근 내 카르니틴 농도는 지방산 산화와 운동능력 향상에 도움을 줄 수 있 기 때문이다(Chee et al., 2021; Gnoni et al., 2020).

본 연구의 L-카르니틴 섭취 여부에 따른 윗몸일으키기의 결과를 보면 L-카르니틴 섭취 집단에서 유의하게 횡수가 증가하였다. 이는 여자농구선수들을 대상으로 8주간 의 L-카르니틴 섭취 후 근지구력이 향상되는 경향을 보인 선행연구와 유사한 결과 이다(강성기 등, 2011). 또한 선행연구들은 중·저강도 운동 시 주 에너지원은 장쇄지 방산이며, L-카르니틴의 섭취는 포도당 이용률 감소와 피로회복을 돕고 근지구력 개선에 효과적이라고 밝혀 본연구 결과를 지지하고 있다(Malaguarmera et al., 2007; Pistone et al., 2003). L-카르니틴의 주요 기능 중 하나는 세포 기능에 해로운 영향 을 미치는 아실 CoA의 과도한 축적을 막는 것인데, 이는 결과적으로 피루브산 탈수 소효소를 활성화하게 하여 젖산생성을 감소시킨다(Friolet et al., 1994). 따라서 본 연구의 윗몸일으키기 횡수 증가는 젖산 농도의 감소로 인한 근지구력 상승으로 유

도된 것으로 보인다.

본 연구에서 심폐지구력의 측정을 위한 신체효율지수의 결과는 두 집단 모두 사후에 유의한 증가가 나타났으며 L-카르니틴 섭취 집단에서 더욱 증가하는 경향을 보였다. 이는 축구선수들을 대상으로 4주간의 L-카르니틴 섭취 후 최대산소섭취량과 최대심박수가 유의하게 증가하였다는 선행연구와 유사한 결과이다(Chun et al., 2011). 운동은 근육 내 L-카르니틴을 고갈시킬 수 있으며, 이는 글리코젠과 아미노산 고갈로 이어질 수 있어 운동 수행 능력에 부정적인 영향을 미친다(Fielding et al., 2018). 규칙적인 L-카르니틴의 섭취는 근육 내 L-카르니틴 함량을 증가시켜 지방산화를 촉진하는 것으로 알려져 있다(Stephens & Galloway, 2013). 또한 L-카르니틴은 근육조직으로의 혈류 및 산소공급을 향상하여, 저산소증으로 인한 세포의 파괴를 감소시키는 방법으로 근육 회복 능력을 개선한다고 보고되고 있다(Mohammadi et al., 2018). 이러한 회복 능력의 개선이 대상자들의 심폐지구력을 향상시켜 본 연구의 신체효율지수 증가로 나타난 것으로 보인다. 정리하자면 본 연구에서 L-카르니틴 섭취 시 근지구력과 심폐지구력에서 나타난 긍정적인 변화는, 복합운동의 효과와 더불어 근육 내 카르니틴 농도 증가로 지방산화 능력 향상과 이에 따른 글리코젠 절약효과에 의한 것으로 생각된다(Wall et al., 2011).

한편, 본 연구의 대상자들은 골격근량의 증가에도 불구하고 악력과 배근력에는 유의한 차이가 없었는데, 이는 골격근량의 증가가 대부분 Type I 유형 섬유인 서근 섬유(Slow twitch oxidative fiber)의 발달로 일어났기에 나타난 결과로 보인다. 서근 섬유의 발달로 인한 근육의 비대는 강도 높은 저항성 운동이 요구되는 속근 섬유(Fast twitch glycolytic fiber, Type II)에 비해 다양한 조건과 트레이닝 방법으로도 가능하다(Andersen et al., 2008; Van Wessel et al., 2010). 또한 L-카르니틴이 미토콘드리아 내로 지방산을 통과시키는 역할을 하므로 마이오글로빈과 미토콘드리아의 비중이 높은 서근 섬유에 더 큰 영향을 미친 결과로 생각된다. 덧붙여 본 연구는 8주간 수행되었고 트레이닝 경험이 없는 입문자를 대상으로 하였기 때문에, 최대근력을 발달시킬만한 고강도의 운동을 수행하기에는 그 기간이 부족하였을 가능성이 존재한다.



## 2. 신체구성

인간의 신체는 수분, 체지방, 단백질 및 무기질 등의 요소로 구성되어 있으며, 이러한 요소들이 전체에 대하여 차지하는 비율을 일컫는 것이 신체구성이다. 신체구성의 변화는 연령 증가와 신체활동 등에 의한 골격근량의 증감과 체지방의 증감 등을 주요로 하여 일어난다(Kuk et al., 2009). 신체구성은 비만의 직접적인 진단 방법으로 사용되며, 신체구성의 이상적 변화는 체중, 체지방량 및 체지방률은 감소하고 골격근량을 포함한 체지방 체중은 증가하는 것이다(김태훈 & 김기진, 2020). 신체구성의 개선을 위한 방법 중 운동은 에너지 소비를 증가시키는 대표적인 방법으로, 여러 형태의 운동 중에서도 복합운동은 체지방량을 줄이고 체지방량을 증가시켜 비만을 개선한다(Sigal et al., 2014). 또한 비만 개선을 위한 보충제 중 L-카르니틴은 미토콘드리아 내로 지방산을 수송하는 기능을 하므로 지방산 대사를 증가시킬 수 있다(Liang et al., 1998).

본 연구에서 신체구성의 변화를 알아본 결과, 체지방량과 체지방률 모두 L-카르니틴 섭취 집단에서 유의하게 감소하였으며 위약 섭취 집단에 비교해 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 Hakimi 등(2015)의 8주간 주 3회의 복합운동 시 L-카르니틴 섭취 집단이 위약 섭취 집단보다 체중, 체지방량 및 체지방률이 감소하였다는 선행연구의 결과와 상당 부분 일치한다. 반면 Liang 등(1998)의 연구에서는 L-카르니틴 섭취 후 체지방률은 줄어들었으나 체중과 HDL 등에는 유의한 변화가 없었다. 이석인 & 권만근(2004)은 보디빌딩 선수를 대상으로 10주간의 보디빌딩 운동 시 L-카르니틴 섭취 여부에 따른 변화를 연구하였는데 두 집단 간에 체중, 체지방량 및 체지방률에 유의한 차이는 없었다. 이처럼 선행연구들이 다소 다른 결과를 보이는 것은 훈련 숙련도, 성별 및 체지방률과 같은 대상자의 특성이 결과에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 따라서 대상자 특성과 처치 시기 등을 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구의 체지방량과 골격근량의 변화 결과를 보면 위약 섭취 집단에서는 차이가 없었고 L-카르니틴 섭취 집단에서 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 10주간의 전신운동 시 L-카르니틴 섭취 집단이 위약 섭취 집단보다 체지방량이 유의하게 증가하였으며(Shin et al, 2010), L-카르니틴 섭취는 체내의 단백질을 증가시키고(Reda

et al., 2003), 근감소증 환자의 골격근량 손실을 억제하는 것으로 보고된 선행연구 (Ohara et al., 2018)들과 유사한 결과이다. 또한 L-카르니틴의 섭취는 운동 중에 아미노산이 에너지원으로 사용되는 것을 방지하여, 잠재적으로 새로운 근 합성에 사용할 수 있게 돕는다고 보고되었다(Fielding et al., 2018). 본 연구의 체지방량과 골격근량의 증가 결과는 근비대를 유도하는 최상의 강도로 알려진 1RM의 60~80%의 전신 근력운동이 그 주된 원인으로 생각된다. 이에 더해 L-카르니틴의 지연성 근육통 완화와 골격근의 피로회복 역할이 결과적으로 운동강도를 늘렸고, 아미노산의 절약으로 인해 골격근량 증가가 나타난 것으로 보인다(Karlic & Lohninger, 2004; Stephens et al., 2007; Yarizadh et al., 2020).

한편, 본 연구에서 두 집단 모두 체중과 BMI에는 사후에 유의한 차이가 없었는데, 이는 Alshammari (2011)의 BMI가 30 kg/m<sup>2</sup> 이상인 비만 여성들을 대상으로 8주간의 유산소운동 시 L-카르니틴 섭취 집단과 섭취하지 않은 집단 사이의 BMI에 유의차가 없다는 선행연구와 유사한 결과이다. 그러나 본연구 결과에서는 체지방량이 줄어들고 골격근량은 증가하여 체중과 BMI에는 유의한 차이가 없는 것으로, 이는 비만 개선에 긍정적인 변화이며, L-카르니틴의 섭취 외에는 식이조절을 하지 않았기에 나타난 결과로 보인다. 수 주간의 저항성 운동이나 복합운동 후 체지방량이 늘어나고 체지방량이 줄어들어 BMI가 증가 혹은 유지되는 현상은 다수의 선행연구에서 보고된 바 있다(Alberga et al., 2011; Roh et al., 2020; Villareal et al., 2017). 따라서 본 연구의 복합운동과 L-카르니틴 섭취의 병행은 BMI 결과에는 유의한 변화가 없었더라도 비만 개선에는 효과적인 것으로 생각된다.

### 3. 대사증후군 위험요인

대사증후군은 심혈관질환이나 당뇨를 일으키는 여러 위험요인이 복합적으로 나타나는 상태를 뜻한다. 비만은 높은 총콜레스테롤, 중성지방, LDL, 공복혈당 및 혈압과, 낮은 HDL과 같은 위험 요소를 통해 대사증후군 위험도를 증가시킨다. 이러한 대사증후군의 생활 습관적 개선 방법은 활동량은 늘리고 포화지방산을 포함한 총열량 섭취는 줄이는 것이다(Klop et al., 2013). 대사증후군의 위험요인 중 복부지방은 심혈관질환을 예측하는 데 BMI와 체지방률보다 더 중요한 요인으로 인식되므로 그

관리가 중요하다(Nordström et al., 2016). 본 연구의 허리둘레와 허리-엉덩이둘레 비율 결과를 보면 L-카르니틴 섭취 집단에서 유의하게 감소하였다. 이는 성인 여성을 대상으로 12주간의 L-카르니틴 섭취 후 허리둘레와 허리-엉덩이둘레 비율이 유의하게 줄었다는 Hosseinzadeh 등(2020)의 연구 결과와 일치한다. 허리둘레는 비만과 대사증후군의 주요 진단기준 중 하나이며 체지방량이 줄어들면 허리둘레가 줄어드는 점을 고려할 때, 본연구 결과에서 L-카르니틴 섭취 집단의 체지방량이 줄어들어 허리둘레가 감소하였고 허리-엉덩이둘레 비율 또한 줄어든 것으로 보인다.

혈중지질은 혈액 속에 녹아있는 지방의 총량을 말하며 적절한 농도가 유지되어야 한다. 혈중지질의 과도한 증가는 인슐린 기능의 이상을 초래하여 고혈당, 뇌혈관질환 및 관상동맥질환의 발생 위험도를 높인다(Doewes et al., 2022). 따라서 그 방지를 위해서는 생활 습관 변화를 통한 혈중지질농도의 조절이 중요하다(Committee for guidelines for management of dyslipidemia, 2015). 본 연구의 L-카르니틴 섭취 여부에 따른 혈당, 총콜레스테롤, HDL 및 LDL 결과는 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 유산소운동과 저항성 운동 모두 혈중지질농도 개선에 도움이 된다는 선행연구와는 상반되는 결과이다(Gordon et al., 2014). 그러나 대사증후군 환자의 혈중지질농도 개선에 유산소운동은 효과적이었으나 복합운동은 유의한 영향이 없었다는 연구 결과도 존재하며(Ostman et al., 2017), 운동과 L-카르니틴 섭취를 병행한 선행연구를 보면 L-카르니틴 섭취 후 혈중지질농도에 유의한 변화가 없었다는 결과 또한 다수 존재한다(Derosa et al., 2003; Ramezanzpour et al., 2015; Samimi et al., 2016). 본 연구의 이러한 결과는 대상자들의 사전 혈중지질농도 평균치가 정상범위 내에 있었고, 사후에 체중과 BMI에서는 유의한 변화가 없었으며, L-카르니틴의 섭취 외에는 식이 습관을 통제하지 않았기에 나타난 결과로 생각된다. 한편 중성지방은 L-카르니틴 섭취 집단에서 유의한 증가가 나타났는데, 한국지질·동맥경화학회의 진단기준에 따르면 중성지방은 200 mg/dl 이상부터 고중성지방혈증으로 분류하며, 본 연구의 두 집단 모두 사전·사후의 중성지방 평균치가 정상범위 내에 있으므로 유의미한 결과는 아닌 것으로 생각된다(한국지질·동맥경화학회, 2018).

혈압은 동맥혈관에 대항하는 혈액의 압력을 뜻하며 고혈압은 동맥의 혈압이 지속해서 높은 상태를 말한다. 고혈압은 심혈관질환의 발생과 사망 위험을 높이기 때문에 그 관리가 필요하며, 유산소운동은 심폐기능을 개선하고 고혈압 발생 위험도를 낮춘다

고 보고되고 있다(Kim & Cho, 2018). 본 연구의 L-카르니틴 섭취 여부에 따른 혈압의 변화를 알아본 결과, 이완기혈압은 위약 섭취 집단에서 사후에 유의한 감소가 있었으며 L-카르니틴 섭취 집단에서는 감소하는 경향을 보이기는 하였으나 유의한 차이가 나타나지 않았다. 대한고혈압학회의 기준에 따르면 수축기혈압이 140 mmHg 이상, 이완기혈압이 90 mmHg 이상일 때 고혈압으로 진단하는데, 본 연구의 이러한 결과는 대상자들의 사전 혈압 평균치가 그 이하로 정상범위 수준이었기에 나타난 것으로 생각된다(Kim et al., 2022). 운동과 L-카르니틴 섭취를 병행한 엔 지아웨이 등(2021)의 선행연구 또한 대상자들의 사전 혈압 평균치가 정상범위였으며, L-카르니틴 섭취 후에도 수축기·이완기혈압에 모두 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 이러한 결과를 참고해볼 때 L-카르니틴의 섭취는 정상 수치 혈압을 가진 대상자들의 혈압에는 유의한 영향을 미치지 못하는 것으로 보인다.

## VI. 결 론

본 연구는 유산소·저항성을 병행하는 8주간 주 3회의 복합운동 시, 하루 2 g의 L-카르니틴 보충제 섭취 여부가 과체중 성인 여성의 체력, 신체구성 및 대사증후군 위험요인에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 이를 위해 복합운동+위약 섭취 집단 9명과 복합운동+카르니틴 섭취 집단 9명으로 분류하여 비교 분석한 결론은 다음과 같다.

첫째, 복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 체지방량과 체지방률은 유의한 차이가 나타났으며 L-카르니틴 섭취 집단에서 유의하게 감소하였다.

둘째, 복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 체지방량과 골격근량은 집단과 시기 간에 유의한 차이가 나타났으며 L-카르니틴 섭취 집단에서 유의하게 증가하였다.

셋째, 복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 허리둘레와 허리·엉덩이 둘레 비율은 시기 간에 유의한 차이가 나타났으며 L-카르니틴 섭취 집단에서 유의하게 감소하였다.

넷째, 복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 윗몸일으키기는 시기 간에 유의한 차이가 나타났으며 L-카르니틴 섭취 집단에서 그 횟수가 유의하게 증가하였다.

다섯째, 복합운동 시 L-카르니틴 섭취에 따른 신체효율지수는 두 집단 모두 사후에 유의하게 증가하였으며, 집단 간에 유의한 차이는 없었으나 L-카르니틴 섭취 집단에서 더 큰 폭으로 증가하는 경향을 보였다.

이상의 결과를 종합해 보면 복합운동 시 L-카르니틴 섭취는 체지방량, 체지방률, 체지방률, 골격근량, 허리둘레, 허리·엉덩이둘레 비율, 근지구력 및 심폐지구력 개선

에 긍정적인 변화를 보여 L-카르니틴의 알려진 효과와 유사한 결과를 보였다. 반면 체중, BMI, 혈중지질농도, 혈당, 혈압, 악력 및 배근력에는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았는데 이를 확인하기에 8주의 기간은 다소 부족하였을 가능성이 존재한다. 또한 본 연구의 대상자는 트레이닝 경험이 없는 20~30대의 과체중 여성이 었기 때문에, 향후에는 나이, 성별, 훈련 수준 및 비만 정도 등 다양한 상태의 개개인을 대상으로 여러 운동강도와 장기간을 적용한 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다.

<Abstract>

Effect of L-carnitine intake during combined training  
on physical fitness, body composition,  
and metabolic risk factors  
in overweight young-adult women

Oh, Jeong-Heon

*Department of Kinesiology*  
*Graduate school of Jeju National University*  
*Jeju, Korea*

Supervised by professor Seo, Tae-Beom

The purpose of this study was to investigate the effect of L-carnitine supplement intake during combined aerobic and resistance exercises on physical fitness, body composition, and metabolic risk factors. The subjects of this study were 18 overweight young-adult women with no exercise experience, and they were randomly divided into two groups: combined training+placebo intake group (CTP,  $n=9$ ), and combined training+L-carnitine intake group (CTC,  $n=9$ ). Combined training consists of aerobic and resistance exercises, and it was performed 3 times a week for 8 weeks. To investigate the effect of L-carnitine intake during combined training, grip strength, back strength, power, muscular

endurance, cardiorespiratory endurance, body composition, blood pressure, fasting blood glucose, and blood lipid concentration were analyzed before and after 8 weeks of the experiment. Significant differences between group and period were determined with two-way repeated ANOVA. Independent t-test was used to compare the difference between the groups before and after the experiment, and Paired t-test was performed to confirm changes within the group. The results obtained in this study were as follows;

First, L-carnitine intake during 8 week's combined training significantly decreased body fat mass and body fat.

Second, L-carnitine intake during 8 week's combined training significantly increased lean mass and skeletal muscle mass.

Third, L-carnitine intake during 8 week's combined training significantly decreased waist circumference and waist-hip ratio.

Fourth, L-carnitine intake during 8 week's combined training significantly increased sit-ups.

Fifth, L-carnitine intake during 8 week's combined training showed a tendency to increase physical efficiency index.

To summarize the results of this study, the oral intake of 2 g of L-carnitine supplement during combined training had a positive effect on body fat percentage, lean body mass, waist-hip ratio, muscular endurance, and cardiorespiratory endurance. But there was no significant difference in blood lipid concentration, blood pressure, and fasting glucose. In conclusion, our findings suggested that the combined training and L-carnitine intake is thought to contribute to the improvement of obesity in overweight young-adult women.



## 참고문헌

- 강성기, 천윤석, & 이근일. (2011). 지구성 운동선수들의 운동수행능력에 적합한 L-carnitine 섭취 기간 평가: 여자 농구선수들을 대상으로. **한국체육측정평가학회지**, 13(3), 43-53.
- 고영찬, & 김영표. (2014). 유·무산소성 복합운동 순서가 혈중지질 및 호르몬에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 23(6), 1327-1337.
- 김경태, & 조지훈. (2013). 탄성밴드운동 및 유산소성 운동을 병행한 복합운동프로그램이 노인여성의 체력, 혈중지질 및 혈관염증지표에 미치는 영향. **운동학 학술지**, 15(2), 129-138.
- 김원현, & 김승석. (2016). 12 주간 복합운동이 비만 여대생의 신체조성 및 기초체력 향상에 미치는 영향. **디지털융복합연구**, 14(4), 471-478.
- 김태훈, & 김기진. (2020). 초등학생들의 맨발줄넘기와 일반줄넘기의 운동효과 분석. **한국체육교육학회지**, 24(4), 205-217.
- 대한비만학회(2014). 비만치료지침 2014. **대한비만학회**. [cited 2022 May 15]. Available from <http://general.kosso.or.kr/html/?pmode=BBBS0001300003&page=1&smode=view&seq=1214&searchValue=&searchTitle=strTitle>
- 대한비만학회(2018). 비만 진료지침 2018. **대한비만학회**. [cited 2022 May 15]. Available from <http://general.kosso.or.kr/html/?pmode=BBBS0001300003&page=1&smode=view&seq=1358&searchValue=&searchTitle=strTitle>
- 박상동, & 박승한. (2016). 복합운동의 순서에 따른 여대생의 체성분 및 등속성 근력 비교. **한국사회체육학회지**, 64, 869-885.
- 서태범, 김영수, 김지연, 이진석, & 박해찬. (2014). 분자생물학적 분석 방법을 이용한 복합트레이닝 연구 고찰. **체육과학연구**, 25(3), 399-410.
- 소위영, 서동일, & 최대혁. (2011). 30-40 대 중년 여성의 7-10, 11-15RM 최대하 근

- 력 측정으로부터 1RM 근력 간접 추정. **한국체육측정평가학회지**, 13(1), 67-78.
- 엔 지아웨이, 송신영, 고옥선, 조홍관. (2021). 8주간 간헐적운동과 L-Carnitine 섭취가 비만남자 대학생의 신체구성, 비만관련호르몬 및 대사증후군에 미치는 영향. **한국스포츠학회지**, 19(3), 419-430.
- 이석인, & 권만근. (2004). 카르니틴 투여가 보디빌더의 신체구성성분과 근기능에 미치는 영향. **한국 스포츠 리서치**, 15(1), 1211-1232.
- 이지현. (2006). 유산소 운동수행시 카르니틴 섭취가 건강체력요인 및 지질지단백 성분 분에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 15(1), 543-556.
- 정은정, 엄영숙, 차연수, & 박태선. (2003). 단기간의 카르니틴 보충섭취가 건강한 성인남성의 혈장 카르니틴농도 및 소변내 배설량, 혈장 지질수준과 지방산조성에 미치는 영향. **한국영양학회지**, 36(7), 720-728.
- 정한상. (2007). 8 주간의 유산소운동 트레이닝 중 L-carnitine 섭취가 비만 여고생의 그렐린, 렙틴, 및 성장호르몬에 미치는 영향. **한국사회체육학회지**, 30, 689-698.
- 질병관리청(2022). 2020년 국민건강통계: 국민건강영양조사 제8기 2차년도. **질병관리청** [cited 2022 May 15]. Available from: [https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/sub04/sub04\\_04\\_01.do](https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/sub04/sub04_04_01.do)
- 하창호, & 소위영. (2012). 12 주간의 복합운동이 여자 대학생의 신체조성과 대사증후군 위험인자에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 21(3), 865-875.
- 한국지질·동맥경화학회(2018) 이상지질혈증 치료지침 제 4판. **한국지질·동맥경화학회**. [cited 2022 may 15]. Available from: <https://www.lipid.or.kr/bbs/?code=care>
- 황은아, 김선희, 강희성, & 김종식. (2012). 걷기운동과 복합운동의 비만 청소년의 신체조성과 심혈관계 질환 관련 Cytokine에 미치는 영향. **운동과학**, 21(1), 31-40.
- Abd El-Kader, S. M. (2011). Aerobic versus resistance exercise training in modulation of insulin resistance, adipocytokines and inflammatory cytokine levels in obese type 2 diabetic patients. *Journal of Advanced Research*,

22), 179-183.

- Abolfathi, M., Mohd-Yusof, B. N., Hanipah, Z. N., Redzwan, S. M., Yusof, L. M., & Khosroshahi, M. Z. (2020). The effects of carnitine supplementation on clinical characteristics of patients with non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine, 48*, 102273.
- Achten, J., Gleeson, M., & Jeukendrup, A. E. (2002). Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 34*(1), 92-97.
- Alberca, R. W., Oliveira, L. D. M., Branco, A. C. C. C., Pereira, N. Z., & Sato, M. N. (2021). Obesity as a risk factor for COVID-19: an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61*(13), 2262-2276.
- Alberga, A. S., Sigal, R. J., & Kenny, G. P. (2011). A review of resistance exercise training in obese adolescents. *The Physician and Sportsmedicine, 39*(2), 50-63.
- Alberti, K. G. M. M., & Zimmet, P. Z. (1998). Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus. Provisional report of a WHO consultation. *Diabetic Medicine, 15*(7), 539-553.
- Alshammari, N. M. (2011). The effects of L-carnitine and physical activity on adipocytokines and lipid profile on obese women. *World Journal of Sport Sciences, 4*(1). 21-23.
- Andersen, L. L., Suetta, C., Andersen, J. L., Kjær, M., & Sjøgaard, G. (2008). Increased proportion of megafibers in chronically painful muscles. *Pain, 139*(3), 588-593.
- Anton, S. D., Manini, T. M., Milsom, V. A., Dubyak, P., Cesari, M., Cheng, J., ... & Perri, M. G. (2011). Effects of a weight loss plus exercise program on physical function in overweight, older women; a randomized controlled trial. *Clinical Interventions in Aging, 6*, 141.

- Armstrong, A., Jungbluth Rodriguez, K., Sabag, A., Mavros, Y., Parker, H. M., Keating, S. E., & Johnson, N. A. (2022). Effect of aerobic exercise on waist circumference in adults with overweight or obesity: A systematic review and meta analysis. *Obesity Reviews*, e13446.
- Askarpour, M., Hadi, A., Miraghajani, M., Symonds, M. E., Sheikhi, A., & Ghaedi, E. (2020). Beneficial effects of l-carnitine supplementation for weight management in overweight and obese adults: An updated systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Pharmacological Research*, 151, 104554.
- Azarbad, L., & Gonder-Frederick, L. (2010). Obesity in women. *Psychiatric Clinics*, 33(2), 423-440.
- Azizi, M. (2011). The effect of 6-weeks aerobic training on serum levels of lipoprotein changes in non-athlete females. *International Journal of Pharmacy Teaching & Practices*, 2(1), 1-4.
- Blüher, M. (2019). Obesity: global epidemiology and pathogenesis. *Nature Reviews Endocrinology*, 15(5), 288-298.
- Blumenthal, J. A., Babyak, M. A., Hinderliter, A., Watkins, L. L., Craighead, L., Lin, P. H., ... & Sherwood, A. (2010). Effects of the DASH diet alone and in combination with exercise and weight loss on blood pressure and cardiovascular biomarkers in men and women with high blood pressure: the ENCORE study. *Archives of Internal Medicine*, 170(2), 126-135.
- Brass, E. P. (2000). Supplemental carnitine and exercise. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2), 618S-623S.
- Cai, Q., Chen, F., Wang, T., Luo, F., Liu, X., Wu, Q., ... & Xu, L. (2020). Obesity and COVID-19 severity in a designated hospital in Shenzhen, China. *Diabetes Care*, 43(7), 1392-1398.
- Chapman, S. B., Aslan, S., Spence, J. S., DeFina, L. F., Keebler, M. W., Didehbani, N., & Lu, H. (2013). Shorter term aerobic exercise improves brain, cognition, and cardiovascular fitness in aging. *Frontiers in Aging*

*Neuroscience*, 5, 75.

- Chee, C., Shannon, C. E., Burns, A., Selby, A. L., Wilkinson, D., Smith, K., ... & Stephens, F. B. (2021). Increasing skeletal muscle carnitine content in older individuals increases whole body fat oxidation during moderate intensity exercise. *Aging Cell*, 20(2), e13303.
- Chooi, Y. C., Ding, C., & Magkos, F. (2019). The epidemiology of obesity. *Metabolism*, 92, 6-10.
- Chun, Y. S., Lee, K. E., Kang, S. K., Lee, N. J., & Kim, J. K. (2011). Original Paper: Influence of L-Carnitine intake for maximal exercise performance and fatigue recovery exercise athletes: based on elite soccer players. *Physical Activity and Nutrition*, 15(1), 28-34.
- Church, T. (2011). Exercise in obesity, metabolic syndrome, and diabetes. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 53(6), 412-418.
- Committee for Guidelines for Management of Dyslipidemia. (2015). 2015 Korean guidelines for management of dyslipidemia. *Journal of Lipid and Atherosclerosis*, 4(1), 61-92.
- Cornier, M. A., Dabelea, D., Hernandez, T. L., Lindstrom, R. C., Steig, A. J., Stob, N. R., ... & Eckel, R. H. (2008). The metabolic syndrome. *Endocrine Reviews*, 29(7), 777-822.
- Czernichow, S., Bertrais, S., Oppert, J. M., Galan, P., Blacher, J., Ducimetiere, P., ... & Zureik, M. (2005). Friedman, Body composition and fat repartition in relation to structure and function of large arteries in middle-aged adults (the SU. VI. MAX study). *International Journal of Obesity*, 29(7), 826-832.
- Dekker, J. M., Girman, C., Rhodes, T., Nijpels, G., Stehouwer, C. D., Bouter, L. M., & Heine, R. J. (2005). Metabolic syndrome and 10-year cardiovascular disease risk in the Hoorn Study. *Circulation*, 112(5), 666-673.
- Derosa, G., Cicero, A. F., Gaddi, A., Mugellini, A., Ciccarelli, L., & Fogari, R. (2003). The effect of L-carnitine on plasma lipoprotein (a) levels in hypercholesterolemic patients with type 2 diabetes mellitus. *Clinical*

- Therapeutics*, 25(5), 1429-1439.
- Doewes, R. I., Gharibian, G., Zaman, B. A., & Akhavan-Sigari, R. (2022). An updated systematic review on the effects of aerobic exercise on human blood lipid profile. *Current Problems in Cardiology*, 101108.
- Durstine, J. L., Grandjean, P. W., Davis, P. G., Ferguson, M. A., Alderson, N. L., & DuBose, K. D. (2001). Blood lipid and lipoprotein adaptations to exercise. *Sports Medicine*, 31(15), 1033-1062.
- Expert Panel on Detection, E. (2001). Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (adult treatment panel III). *The Journal of the American Medical Association*, 285(19), 2486-2497.
- Fappa, E., Yannakoulia, M., Pitsavos, C., Skoumas, I., Valourdou, S., & Stefanadis, C. (2008). Lifestyle intervention in the management of metabolic syndrome: could we improve adherence issues?. *Nutrition*, 24(3), 286-291.
- Fielding, R., Riede, L., Lugo, J. P., & Bellamine, A. (2018). L-carnitine supplementation in recovery after exercise. *Nutrients*, 10(3), 349.
- Fletcher, G. F., Ades, P. A., Kligfield, P., Arena, R., Balady, G. J., Bittner, V. A., ... & Williams, M. A. (2013). on behalf of the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology, Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, and Council on Epidemiology and Prevention. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 128(8), 873-934.
- Fock, K. M., & Khoo, J. (2013). Diet and exercise in management of obesity and overweight. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 28, 59-63.
- Friedewald, W. T., Levy, R. I., & Fredrickson, D. S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use

- of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, 18(6), 499–502.
- Friole, R., Hoppeler, H., & Krähenbühl, S. (1994). Relationship between the coenzyme A and the carnitine pools in human skeletal muscle at rest and after exhaustive exercise under normoxic and acutely hypoxic conditions. *The Journal of Clinical Investigation*, 94(4), 1490–1495.
- Galassi, A., Reynolds, K., & He, J. (2006). Metabolic syndrome and risk of cardiovascular disease: a meta-analysis. *The American Journal of Medicine*, 119(10), 812–819.
- GBD 2015 Obesity Collaborators (2017). Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. *New England Journal of Medicine*, 377(1), 13–27.
- Gellish, R. L., Goslin, B. R., Olson, R. E., McDONALD, A. U. D. R. Y., Russi, G. D., & Moudgil, V. K. (2007). Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(5), 822–829.
- Gnoni, A., Longo, S., Gnoni, G. V., & Giudetti, A. M. (2020). Carnitine in human muscle bioenergetics: can carnitine supplementation improve physical exercise? *Molecules*, 25(1), 182.
- Golbidi, S., Mesdaghinia, A., & Laher, I. (2012). Exercise in the metabolic syndrome. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012.
- Golzarand, M., Omidian, M., & Toolabi, K. (2020). Effect of Garcinia cambogia supplement on obesity indices: A systematic review and dose-response meta-analysis. *Complementary Therapies in Medicine*, 52, 102451.
- Gordon, B., Chen, S., & Durstine, J. L. (2014). The effects of exercise training on the traditional lipid profile and beyond. *Current Sports Medicine Reports*, 13(4), 253–259.
- Grundy, S. M. (2002). Third report of the national cholesterol education program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation*,

106, 3143-3421.

- Grundy, S. M. (2016). Metabolic syndrome update. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 26(4), 364-373.
- Hagner, W., Hagner-Derengowska, M., Wiacek, M., & Zubrzycki, I. Z. (2009). Changes in level of VO<sub>2</sub>max, blood lipids, and waist circumference in the response to moderate endurance training as a function of ovarian aging. *Menopause*, 16(5), 1009-1013.
- Hakimi, M., Sheikholeslami-Vatani, D., & Ali-Mohammadi, M. (2015). Effect of concurrent training with ingested of L-carnitine supplementation on hormonal changes, lipid profile and body composition in obese men. *Studies in Medical Sciences*, 26(3), 185-193.
- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., ... & Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1081.
- Hegarty, B. D., Furler, S. M., Ye, J., Cooney, G. J., & Kraegen, E. W. (2003). The role of intramuscular lipid in insulin resistance. *Acta Physiologica Scandinavica*, 178(4), 373-383.
- Hill, J. O., Wyatt, H. R., & Peters, J. C. (2012). Energy balance and obesity. *Circulation*, 126(1), 126-132.
- Ho, J. Y., Kraemer, W. J., Volek, J. S., Fragala, M. S., Thomas, G. A., Dunn-Lewis, C., ... & Maresh, C. M. (2010). L-Carnitine L-tartrate supplementation favorably affects biochemical markers of recovery from physical exertion in middle-aged men and women. *Metabolism*, 59(8), 1190-1199.
- Hong, S. B., Han, J. Y., & Hwang, J. S. (2012). The effects of weight control program on body composition, physical self-efficacy and body dissatisfaction in obese female college students. *Korea Society for Wellness*, 7(1), 223-232.



- Hosseinzadeh, M., Pakravanfar, F., Ghadiri-Anari, A., & Fallahzadeh, H. (2020). The effect of l-carnitine supplementation on weight and body composition in women with polycystic ovary syndrome: a double-blind randomized clinical trial. *Journal of Nutrition and Food Security*, 5(3), 282-289.
- Huh, J. H., Ahn, S. G., Kim, Y. I., Go, T., Sung, K. C., Choi, J. H., ... & Kim, J. Y. (2019). Impact of longitudinal changes in metabolic syndrome status over 2 years on 10-year incident diabetes mellitus. *Diabetes & Metabolism Journal*, 43(4), 530-538.
- Huh, J. H., Kang, D. R., Kim, J. Y., & Koh, K. K. (2021). Metabolic syndrome fact sheet 2021: executive report. *CardioMetabolic Syndrome Journal*, 1.
- Jacobs, K. A., Krauss, R. M., Fattor, J. A., Horning, M. A., Friedlander, A. L., Bauer, T. A., ... & Brooks, G. A. (2006). Endurance training has little effect on active muscle free fatty acid, lipoprotein cholesterol, or triglyceride net balances. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 291(3), E656-E665.
- Jee, S. H., Ohrr, H., Sull, J. W., Yun, J. E., Ji, M., & Samet, J. M. (2005). Fasting serum glucose level and cancer risk in Korean men and women. *The Journal of the American Medical Association*, 293(2), 194-202.
- Kahn, R., Buse, J., Ferrannini, E., & Stern, M. (2005). The metabolic syndrome: time for a critical appraisal: joint statement from the American Diabetes Association and the European Association for the Study of Diabetes. *Diabetes Care*, 28(9), 2289-2304.
- Karlic, H., & Lohninger, A. (2004). Supplementation of L-carnitine in athletes; does it make sense?. *Nutrition*, 20(7-8), 709-715.
- Karvonen, M. J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae*, 35(3), 307 - 315.
- Keen, E. N., & Sloan, A. W. (1958). Observations on the Harvard step test. *Journal of Applied Physiology*, 13(2), 241-243.

- Kelley, D. E., He, J., Menshikova, E. V., & Ritov, V. B. (2002). Dysfunction of mitochondria in human skeletal muscle in type 2 diabetes. *Diabetes*, *51*(10), 2944-2950.
- Kelley, G. A., Kelley, K. S., Roberts, S., & Haskell, W. (2012). Change of aerobic exercise, diet or both on lipids and lipoproteins in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Nutrition*, *31*(2), 156-167.
- Kim, H. C., & Cho, M. C. (2018). Korea hypertension fact sheet 2018. *Clinical Hypertension*, *24*(1), 1-4.
- Kim, H. C., Lee, H., Lee, H. H., Seo, E., Kim, E., Han, J., & Kwon, J. Y. (2022). Korea hypertension fact sheet 2021: analysis of nationwide population-based data with special focus on hypertension in women. *Clinical Hypertension*, *28*(1), 1-5.
- Kim, J. K., Nho, H., & Whaley, M. H. (2008). Inter-modal comparisons of acute energy expenditure during perceptually based exercise in obese adults. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, *54*(1), 39-45.
- Kim, Y. Y., & Cho, C. M. (2019). Effects of a 4-Week Vitamin B6· B9· B12 Supplementation on the muscle recovery and muscular function induced by acute eccentric exercise. *Kinesiology*, *4*(1), 8-16.
- Klop, B., Elte, J. W. F., & Cabezas, M. C. (2013). Dyslipidemia in obesity: mechanisms and potential targets. *Nutrients*, *5*(4), 1218-1240.
- Knottnerus, S. J., Bleeker, J. C., Wüst, R. C., Ferdinandusse, S., IJlst, L., Wijburg, F. A., ... & Houtkooper, R. H. (2018). Disorders of mitochondrial long-chain fatty acid oxidation and the carnitine shuttle. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, *19*(1), 93-106.
- Kristensen, N. M., Gribsholt, S. B., Andersen, A. L., Richelsen, B., & Bruun, J. M. (2022). Obesity augments the disease burden in COVID 19: Updated data from an umbrella review. *Clinical Obesity*, *12*(3), e12508.
- Kuk, J. L., Saunders, T. J., Davidson, L. E., & Ross, R. (2009). Age-related changes in total and regional fat distribution. *Ageing Research Reviews*,

84), 339-348.

- Lee, C. J., Kim, J. Y., Shim, E., Hong, S. H., Lee, M., Jeon, J. Y., & Park, S. (2018). The effects of diet alone or in combination with exercise in patients with prehypertension and hypertension: a randomized controlled trial. *Korean Circulation Journal*, *48*(7), 637-651.
- Lee, S. Y., Park, H. S., Kim, D. J., Han, J. H., Kim, S. M., Cho, G. J., ... & Yoo, H. J. (2007). Appropriate waist circumference cutoff points for central obesity in Korean adults. *Diabetes Research and Clinical Practice*, *75*(1), 72-80.
- Lee, S., Bacha, F., Hannon, T., Kuk, J. L., Boesch, C., & Arslanian, S. (2012). Effects of aerobic versus resistance exercise without caloric restriction on abdominal fat, intrahepatic lipid, and insulin sensitivity in obese adolescent boys: a randomized, controlled trial. *Diabetes*, *61*(11), 2787-2795.
- Liang, Y., Li, Y., Shan, J., Yu, B., & Ho, Z. (1998). The effects of oral L-carnitine treatment on blood lipid metabolism and the body fat content in the diabetic patient. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, *7*(2), 192-5.
- Magnus, P., & Beaglehole, R. (2001). The real contribution of the major risk factors to the coronary epidemics: time to end the only-50% myth. *Archives of Internal Medicine*, *161*(22), 2657-2660.
- Malaguarnera, M., Cammalleri, L., Gargante, M. P., Vacante, M., Colonna, V., & Motta, M. (2007). L-Carnitine treatment reduces severity of physical and mental fatigue and increases cognitive functions in centenarians: a randomized and controlled clinical trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *86*(6), 1738-1744.
- Martins, R. A., Veríssimo, M. T., Coelho e Silva, M. J., Cumming, S. P., & Teixeira, A. M. (2010). Effects of aerobic and strength-based training on metabolic health indicators in older adults. *Lipids in Health and Disease*, *9*(1), 1-6.
- Matthews, C. E., Sui, X., LaMonte, M. J., Adams, S. A., Hébert, J. R., & Blair,

- S. N. (2010). Metabolic syndrome and risk of death from cancers of the digestive system. *Metabolism*, 59(8), 1231-1239.
- Mestek, M. L., Garner, J. C., Plaisance, E. P., Taylor, J. K., Alhassan, S., & Grandjean, P. W. (2006). Blood lipid responses after continuous and accumulated aerobic exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16(3), 245-254.
- Mitchell, C. J., Churchward-Venne, T. A., Bellamy, L., Parise, G., Baker, S. K., & Phillips, S. M. (2013). Muscular and systemic correlates of resistance training-induced muscle hypertrophy. *PLoS One*, 8(10), e78636.
- Mohammadi, H., Djalali, M., Daneshpazhooch, M., Honarvar, N. M., Chams Davatchi, C., Sepandar, F., ... & Javanbakht, M. H. (2018). Effects of L-carnitine supplementation on biomarkers of oxidative stress, antioxidant capacity and lipid profile, in patients with pemphigus vulgaris: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, 72(1), 99-104.
- Muntner, P., Shimbo, D., Carey, R. M., Charleston, J. B., Gaillard, T., Misra, S., ... & Wright Jr, J. T. (2019). Measurement of blood pressure in humans: a scientific statement from the American Heart Association. *Hypertension*, 73(5), e35-e66.
- Nordström\*, A., Hadrévi, J., Olsson, T., Franks, P. W., & Nordström, P. (2016). Higher prevalence of type 2 diabetes in men than in women is associated with differences in visceral fat mass. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 101(10), 3740-3746.
- Odle, J., Adams, S. H., & Vockley, J. (2014). Carnitine. *Advances in Nutrition*, 5(3), 289-290.
- Ogden, C. L., Yanovski, S. Z., Carroll, M. D., & Flegal, K. M. (2007). The epidemiology of obesity. *Gastroenterology*, 132(6), 2087-2102.
- Ohara, M., Ogawa, K., Suda, G., Kimura, M., Maehara, O., Shimazaki, T., ... & Sakamoto, N. (2018). L carnitine suppresses loss of skeletal muscle mass

- in patients with liver cirrhosis. *Hepatology Communications*, 2(8), 910-922.
- Orchard, T. J., Temprosa, M., Goldberg, R., Haffner, S., Ratner, R., Marcovina, S., ... & Diabetes Prevention Program Research Group. (2005). The effect of metformin and intensive lifestyle intervention on the metabolic syndrome: the Diabetes Prevention Program randomized trial. *Annals of Internal Medicine*, 142(8), 611-619.
- Ørngreen, M. C., Ejstrup, R., & Vissing, J. (2003). Effect of diet on exercise tolerance in carnitine palmitoyltransferase II deficiency. *Neurology*, 61(4), 559-561.
- Ostman, C., Smart, N. A., Morcos, D., Duller, A., Ridley, W., & Jewiss, D. (2017). The effect of exercise training on clinical outcomes in patients with the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Cardiovascular Diabetology*, 16(1), 1-11.
- Paoli, A., Pacelli, Q. F., Moro, T., Marcolin, G., Neri, M., Battaglia, G., Sergi, G., Bolzetta, F., & Bianco, A. (2013). Effects of high-intensity circuit training, low-intensity circuit training and endurance training on blood pressure and lipo- proteins in middle-aged overweight men. *Lipids in Health and Disease*, 12(1), 131-138.
- Parandak, K., Arazi, H., Khoshkharesh, F., & Nakhostin-Roohi, B. (2014). The effect of two-week L-carnitine supplementation on exercise-induced oxidative stress and muscle damage. *Asian Journal of Sports Medicine*, 5(2), 123.
- Pekala, J., Patkowska-Sokola, B., Bodkowski, R., Jamroz, D., Nowakowski, P., Lochynski, S., & Librowski, T. (2011). L-carnitine-metabolic functions and meaning in humans life. *Current Drug Metabolism*, 12(7), 667-678.
- Pistone, G., Marino, A. D., Leotta, C., Dell'Arte, S., Finocchiaro, G., & Malaguarnera, M. (2003). Levocarnitine administration in elderly subjects with rapid muscle fatigue. *Drugs & Aging*, 20(10), 761-767.
- Plodkowski, R. A., & Jeor, S. T. S. (2003). Medical nutrition therapy for the

- treatment of obesity. *Endocrinology and Metabolism Clinics*, 32(4), 935-965.
- Pooyandjoo, M., Nouhi, M., Shab Bidar, S., Djafarian, K., & Olyaeemanesh, A. (2016). The effect of (L ) carnitine on weight loss in adults: a systematic review and meta analysis of randomized controlled trials. *Obesity Reviews*, 17(10), 970-976.
- Prado, C. M. M., Wells, J. C. K., Smith, S. R., Stephan, B. C. M., & Siervo, M. (2012). Sarcopenic obesity: a critical appraisal of the current evidence. *Clinical Nutrition*, 31(5), 583-601.
- Ramezanpour, M., Matboo, M., & Hejazi, E. M. (2015). The effect of four weeks aerobic training with using L-carnitine supplement on lipid profile and blood glucose in diabetic men. *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences*, 58(6), 316-321.
- Reda, E., D'iddio, S., Nicolai, R., Benatti, P., & Calvani, M. (2003). The carnitine system and body composition. *Acta Diabetologica*, 40(1), s106-s113.
- Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., Magal, M., & American College of Sports Medicine (Eds.). (2018). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Wolters Kluwer.
- Roh, H. T., Cho, S. Y., & So, W. Y. (2020). A cross-sectional study evaluating the effects of resistance exercise on inflammation and neurotrophic factors in elderly women with obesity. *Journal of Clinical Medicine*, 9(3), 842.
- Sahlin, K., Sallstedt, E. K., Bishop, D., & Tonkonogi, M. (2008). Turning down lipid oxidation during heavy exercise—what is the mechanism. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 59(Suppl 7), 19-30.
- Said, M. A., Abdelmoneem, M., Almaqhawi, A., Kotob, A. A. H., Alibrahim, M. C., & Bougmiza, I. (2018). Multidisciplinary approach to obesity: Aerobic or resistance physical exercise? *Journal of Exercise Science & Fitness*, 16(3), 118-123.
- Samimi, M., Jamilian, M., Ebrahimi, F. A., Rahimi, M., Tajbakhsh, B., & Asemi,

- Z. (2016). Oral carnitine supplementation reduces body weight and insulin resistance in women with polycystic ovary syndrome: a randomized, double blind, placebo controlled trial. *Clinical Endocrinology*, *84*(6), 851–857.
- Sanal, E., Ardiç, F., & Kirac, S. (2013). Effects of aerobic or combined aerobic resistance exercise on body composition in overweight and obese adults: gender differences. A randomized intervention study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, *49*(1), 1–11
- Sanoudou, D., Hill, M. A., Belanger, M. J., Arao, K., & Mantzoros, C. S. (2022). Obesity, metabolic phenotypes and COVID-19. *Metabolism—Clinical and Experimental*, *128*.
- 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.
- Schulz, K. F., Altman, D. G., Moher, D., & CONSORT Group\*. (2010). CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomized trials. *Annals of Internal Medicine*, *152*(11), 726–732.
- Seif, M. W., Diamond, K., & Nickkho-Amiry, M. (2015). Obesity and menstrual disorders. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, *29*(4), 516–527.
- Shin, W. B., Seo, D. Y., & Baek, Y. H. (2010). Combined Effects of L-Carnitine Supplementation and Exercise on the Body Composition, Serum Lipids and Adiponectin in the High School Obese Female Students. *Journal of Life Science*, *20*(1), 33–39.
- Sigal, R. J., Alberga, A. S., Goldfield, G. S., Prud'homme, D., Hadjiyannakis, S., Gougeon, R., ... & Kenny, G. P. (2014). Effects of aerobic training, resistance training, or both on percentage body fat and cardiometabolic risk markers in obese adolescents: the healthy eating aerobic and resistance training in youth randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics*, *168*(11),

1006-1014.

- Spiering, B. A., Kraemer, W. J., Hatfield, D. L., Vingren, J. L., Fragala, M. S., Ho, J. Y., ... & Volek, J. S. (2008). Effects of L-carnitine L-tartrate supplementation on muscle oxygenation responses to resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(4), 1130-1135.
- Stephens, F. B., & Galloway, S. D. (2013). Carnitine and fat oxidation. *Limits of Human Endurance*, *76*, 13-23.
- Stephens, F. B., Constantin Teodosiu, D., & Greenhaff, P. L. (2007). New insights concerning the role of carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, *581*(2), 431-444.
- Stewart, A. W., Kuulasmaa, K., & Beaglehole, R. (1994). Ecological analysis of the association between mortality and major risk factors of cardiovascular disease. *International Journal of Epidemiology*, *23*(3), 505-516
- Stuessi, C., Hofer, P., Meier, C., & Boutellier, U. (2005). L-Carnitine and the recovery from exhaustive endurance exercise; a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *European Journal of Applied Physiology*, *95*(5), 431-435.
- Sun, N. N., Wu, T. Y., & Chau, C. F. (2016). Natural dietary and herbal products in anti-obesity treatment. *Molecules*, *21*(10), 1351.
- Talenezhad, N., Mohammadi, M., Ramezani-Jolfaie, N., Mozaffari-Khosravi, H., & Salehi-Abargouei, A. (2020). Effects of l-carnitine supplementation on weight loss and body composition: A systematic review and meta-analysis of 37 randomized controlled clinical trials with dose-response analysis. *Clinical Nutrition ESPEN*, *37*, 9-23.
- Taylor, R. S., Brown, A., Ebrahim, S., Jolliffe, J., Noorani, H., Rees, K., ... & Oldridge, N. (2004). Exercise-based rehabilitation for patients with coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Medicine*, *116*(10), 682-692.
- Tesauro, M., & Cardillo, C. (2011). Obesity, blood vessels and metabolic



- syndrome. *Acta Physiologica*, 203(1), 279–286.
- Thakur, Y., Bharti, R., & Sharma, R. (2021). Myths and reality of L-carnitine (3-Hydroxy 4-N trimethylammonium butyrate) supplementation and its chemistry: A systematic review. *Materials Today: Proceedings*, 48(5), 1277–1282.
- Timmons, J. F., Minnock, D., Hone, M., Cogan, K. E., Murphy, J. C., & Egan, B. (2018). Change of time matched aerobic, resistance, or concurrent exercise training in older adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(11), 2272–2283.
- Tsao, C. W., Aday, A. W., Almarzooq, Z. I., Alonso, A., Beaton, A. Z., Bittencourt, M. S., ... & American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. (2022). Heart disease and stroke statistics—2022 update: A report from the American heart association. *Circulation*, 145(8), e153–e639.
- Van Wessel, T., De Haan, A., Van der Laarse, W. J., & Jaspers, R. T. (2010). The muscle fiber type - fiber size paradox: hypertrophy or oxidative metabolism?. *European Journal of Applied Physiology*, 110(4), 665–694.
- Villareal, D. T., Aguirre, L., Gurney, A. B., Waters, D. L., Sinacore, D. R., Colombo, E., ... & Qualls, C. (2017). Aerobic or resistance exercise, or both, in dieting obese older adults. *New England Journal of Medicine*, 376(20), 1943–1955.
- Volek, J. S., Judelson, D. A., Silvestre, R., Yamamoto, L. M., Spiering, B. A., Hatfield, D. L., ... & Kraemer, W. J. (2008). Effects of carnitine supplementation on flow-mediated dilation and vascular inflammatory responses to a high-fat meal in healthy young adults. *The American Journal of Cardiology*, 102(10), 1413–1417.
- Wall, B. T., Stephens, F. B., Constantin Teodosiu, D., Marimuthu, K., Macdonald, I. A., & Greenhaff, P. L. (2011). Chronic oral ingestion of l carnitine and carbohydrate increases muscle carnitine content and alters

- muscle fuel metabolism during exercise in humans. *The Journal of Physiology*, 589(4), 963–973.
- Wang, Z., Heshka, S., Wang, J., Gallagher, D., Deurenberg, P., Chen, Z., & Heymsfield, S. B. (2007). Metabolically active portion of fat-free mass: a cellular body composition level modeling analysis. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 292(1), E49–E53.
- Wibisono, C., Probst, Y., Neale, E., & Tapsell, L. (2016). Impact of food supplementation on weight loss in randomised-controlled dietary intervention trials: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Nutrition*, 115(8), 1406–1414.
- Wilkerson, G. B., Boer, N. F., Smith, C. B., & Heath, G. W. (2008). Health-related factors associated with the healthcare costs of office workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 50(5), 593–601.
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2293–2307.
- World Health Organization. (2020). Overweight and obesity. *WHO*. [cited 2022 may 15]. available from [https://www.who.int/health-topics/obesity#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/obesity#tab=tab_1)
- Yang, S. J., Hong, H. C., Choi, H. Y., Yoo, H. J., Cho, G. J., Hwang, T. G., ... & Choi, K. M. (2011). Effects of a three month combined exercise programme on fibroblast growth factor 21 and fetuin A levels and arterial stiffness in obese women. *Clinical Endocrinology*, 75(4), 464–469.
- Yarizadh, H., Shab-Bidar, S., Zamani, B., Vanani, A. N., Baharloo, H., & Djafarian, K. (2020). The effect of l-carnitine supplementation on exercise-induced muscle damage: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Journal of the American College of Nutrition*, 39(5), 457–468.

Zorba, E. R. D. A. L., Cengiz, T., & Karacabey, K. (2011). Exercise training improves body composition, blood lipid profile and serum insulin levels in obese children. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(4), 664.

## 감사라의 글

교수님과 동료들이 모두 자리를 비운 선선한 토요일 저녁에, 저는 연구실에 혼자 앉아 그간의 즐거웠던 여정을 정리하고 있습니다. 2018년 3월에 석사과정을 시작한 후 벌써 4년이 훌쩍 넘는 시간이 지나갔습니다. 세상에 널린 게 석사라더니, 다른 사람들은 쉽게 졸업하는 줄만 알았는데 직접 해보니 어찌나 어렵던지요. 그동안 직장도 네 번이나 바꾸었고, 학문에 뜻을 두지 못하여 휴학 가능 기간을 전부 채우고 나서야 겨우 복학을 했습니다. 게으름을 피우다 보니 4학기 내에 졸업을 못 하여 마지막 한 학기는 수료생 신분으로 논문을 써야 했죠. 소년은 늙기 쉽고 학문은 이루기 어렵다던데, 마치 어떻게든 졸업하지 않으려는 저를 여러분들이 이끌고 졸업시켜준 것 같은 생각이 듭니다. 그동안 주신 도움에 감사한 마음을 약소하게나마 전하고 싶어 이 글을 씁니다.

먼저 서태범 교수님, 교수님과 처음 면담 때 얘기해주신 ‘좋은 지도자란 배우고자 하는 사람이 있다면 자기 돈과 시간을 써서라도 지식을 전달하는 사람’이라는 말씀을 마음에 품고 살고 있습니다. 교수님을 뵈게 되어 정말 큰 행운이라고 생각하고 그간의 따듯하고 명료한 지도에 진심으로 감사드립니다. 일련의 석사과정을 거치며 혼자서는 멀리 갈 수 없다는 말씀의 뜻을 절실히 이해했고, 앞으로 교수님과 동료들에게 도움이 될 수 있도록 노력하겠습니다.

여러 자리를 맡으셔 바쁘신 와중에도 마주칠 때마다 관심을 기울여주시고 꼼꼼히 살펴봐 주신 김영표 교수님, 매번 친절하게 조언해주셔서 정말 감사했습니다. 아주 많이 존경합니다. 논문의 완성도를 위해서 귀한 도움을 주신 양명환 교수님, 자주 찾아뵈지 못했는데도 꼼꼼히 신경 써주시고 좋게 봐주셔서 감사합니다. 석사과정 내내 한결같은 조언과 도움을 주신 김미예 교수님, 매사에 올곧은 학자의 자세를 배우게 되어 영광이었고 닳도록 노력하겠습니다. 예리한 조언을 해주신, 항상 품위 있으시고 멋진 김덕진 교수님, 외부에서 뵈을 때 지나칠 법도 한데 신경 써주시고 커피도 사주셔서 너무 감사했습니다. 귀찮게 찾아뵈도 하나하나 열정을 다하여 알려주신, 손흥민만큼 빠른 노병주 교수님, 덕분에 운동역학에 지대한 흥미를 갖게 되었고 앞으로도 자주 찾아뵈겠습니다. :)

연구실에서 무한한 도움을 주신 슈퍼맨 같은 두 분 유주인 현 실장님과 조영현 전 실장님. 타국에서 왔음에도 앞장서는 모습이 멋진 유봉 선생님과 이서민 선생님. 석사과정 전반에 걸쳐 큰 도움을 준 사공혁 선생님과 박영준 선생님. 그리고 많은 논문, 실험, 과제를 함께한 졸업 동기 한누리 선생님 깊이 감사드립니다.

일과 학문을 병행하는 데 엄청난 도움을 준 무브먼트랩의 대표 이경환 친구. 석사과정을 추천해주시고 응원해주신 이호욱 형님과 황재범 박사님, 그리고 조정무 선생님. 존레논보다 더 위대한 영국인 Lee Parkin 형님. 존경하는 제주사랑한의원 최정현 원장님. 언제나 슬픔과 기쁨을 함께하는, 보기만 해도 즐거운 벗들(대혁, 동건, 민석, 민수, 상훈, 성관, 승민, 요한, 용은, 원영, 유철, 은주, 의미, 재연, 정윤, 정현, 지현, 진욱, 진웅형, 진화, 철민, 충효, 충묵형, 한석, 혁찬, 형남, 형준, 홍기 et al). 지면의 한계로 모두 쓰진 못해 미안해요. 든든한 오지현 누나와 권지현 매형, 그리고 사랑스러운 조카 권주영 모두 고맙습니다.

사랑하는 오원일 아버님과 강맹숙 어머니! 두 분이 아니라면 저는 이 논문의 첫 글자도 쓰지 못했을 겁니다. 게으르고 불만 많은 제가 나름의 사회 구성원으로 구실을 하며 사는 것은 두 분이 주신 사랑 덕분입니다. 당당히 약속드릴 수 있는 것은 많지 않지만, 부모님께서 알려주고 보여주신 대로 이웃에게 친절을 베풀고 도우며 살겠습니다. 정말 감사합니다. 오래오래 건강하셔야 해요!

마지막으로 김죽심 할머니. 할머니가 돌아가신 지 벌써 13년이 됐네요. 제주대 학부에 합격했다는 얘기를 들으시고 좋아하시던 할머니와의 마지막 대화가 생각납니다. 저는 이제 석사도 있어요! 할머니를 놀리고 힘들게 하던 말썽꾸러기가, 조건 없는 사랑과 보살핌 덕에 이렇게 잘 지내고 있습니다. 항상 보고 싶습니다.

앞으로 찰나의 시간도 소홀히 여기지 않는 자세로 학문에 정진하고, 여러분을 기꺼이 돕는 필요한 사람이 되겠습니다. 다시 한번 감사드립니다. 사랑합니다!

2022년 7월, 탐라에서  
오정현 배상