

## 고강도 훈련 기간에 커큐민 섭취가 지구성 및 저항성 종목선수들의 혈중 염증반응, 산화적 스트레스 및 운동수행력에 미치는 효과

### The effect of curcumin supplementation on the inflammatory responses, oxidation stress and performance of athletes with endurance and resistance during high-intensity training

남정훈(강원도립대학교 외래교수) · 박노환\* (한국체육대학교 강사)

Jung-Hoon Nam Gangwon state Univ/Adjunct Professor · Noh-hwan Park\* Korea National Sport Univ, Instructor

#### 요약

본 연구는 지구성 및 저항성 종목 선수들을 대상으로 고강도 훈련 기간 동안 커큐민을 섭취시켜 훈련 기간 전·후에 나타나는 조직의 염증, 산화 스트레스 및 운동수행력에 미치는 효과를 규명하기 위한 목적으로 진행되었다. 이러한 목적에 따라 대한육상경기연맹에 가입된 중장거리 선수와 투척종목 선수를 모집단으로 설정한 다음 온라인과 오프라인을 통한 유목적 표집법을 이용하여 대상자를 선발하였다. 무작위배정으로 시험군과 대조군을 편성한 다음 각 집단별 지구성 및 저항성 집단의 커큐민 섭취군과 대조군을 구분하여 5주간 연구를 진행하였다. 수집된 자료는 SPSS 22.0을 이용하여 분석하였으며 집단 및 처치기간에 따른 각 항목을 two-way(2RG × 2RM) ANOVA를 적용하여 분석하였다. 이러한 절차에 따라 다음과 같은 결과를 도출하였다. 첫째, 커큐민 섭취에 따른 고강도 훈련 전·후 신체조성의 변화에서 체중, 체지방량과 체지방율에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 둘째, 고강도 훈련 전·후 혈중 염증의 변화에서 TNF- $\alpha$  및 IL-6 분석결과 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 셋째 고강도 훈련 전·후 산화 스트레스의 변화에서 CAT 및 SOD 분석결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 넷째, 고강도 훈련 전·후 허리 근력의 변화에서 30°/sec 허리 신전력 및 굴근력, 90°/sec 신전력에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 지구성 및 저항성 종목선수들이 고강도 훈련 시 커큐민의 섭취를 통해 혈중 염증반응 개선 및 운동수행력 향상에 도움을 줄 것으로 판단된다.

주요어: 고강도 훈련, 염증반응, 산화적 스트레스, 운동수행능력

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of ingestion of curcumin during high-intensity training period on the inflammation, oxidative stress, and exercise performance of tissues before and after the training period in endurance and resistance athletes. For this purpose, mid- to long-distance athletes and throwing athletes who joined the Korea Association of Athletics Federations were set as the population, and then subjects were selected using online and offline nomadic sampling methods. A test group and a control group were randomly assigned, and the study was conducted for 5 weeks by dividing the curcumin intake group and the control group in the endurance and resistance group for each group. The collected data was analyzed using SPSS 22.0, and two-way (2RG × 2RM) ANOVA was applied to analyze each item according to group and treatment period. According to this procedure, the following results were derived. First, there were no statistically significant differences in body composition before and after high-intensity training according to curcumin intake in body weight, lean body mass, and body fat percentage. Second, TNF- $\alpha$  and IL-6 analysis showed a statistically significant difference in the changes in blood inflammation before and after high-intensity training. Third, CAT and SOD analysis did not show any statistically significant difference in the change of oxidative stress before and after high-intensity training. Fourth, statistically significant differences were found in 30°/sec waist extension and flexion force and 90°/sec extension force in the change in back muscle strength before and after high-intensity training. These results shall be judged to help enhancements to improve blood inflammatory response and exercise performance through the intake of Curcumin during high strength training and improve exercise.

Key words : high-intensity training, inflammatory, response, oxidative stress, exercise performance.

## I. 서론

인체는 선천적으로 세포의 손상을 방지하고 유리기(Free radical)에 의한 산화작용에 대항할 수 있는 항산화 체계를 가지고 있다. 그러나 운동 시 인체의 반응은 유리기와 활성산소(Reactive Oxygen Species)의 생성이 증가되어 골격근과 다른 조직에서의 산화 스트레스(Oxidative Stress)를 촉진시키며, 결국 근육 손상 및 운동 수행력에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Braakhuis, & Hopkins, 2015; Gomez-Cabrera, Salvador-Pascual, Cabo, Ferrando, & Viña, 2015; Powers, Radak, & Ji, 2016).

운동 시 대사과정에서 지속적으로 생산되는 활성산소를 해독하는 효소에는 Superoxide dismutase(SOD), Glutathione peroxidase(GPx), catalase(CAT) 등 항산화 효소가 있으며(Powers, Ji, Kavazis, & Jackson, 2011), 고강도 운동 시에는 활동근육에 많은 산소가 공급되고, 이에 따른 산소의 대사과정에서 근육막 불포화지방산의 손상으로 인한 근육 수축의 제한과 피로를 유발시키는 지질과산화물의 최종산물인 Malondialdehyde(MDA)가 증가된다(Urso & Clarkson, 2003). 또한, 체내 활성산소 증가는 염증반응에 부정적인 영향을 미치고 있는 것으로 알려져 있으며, 주로 독성에 의한 정상적인 세포기능을 손상시킨다(박우규, 2008).

염증은 감염 및 조직의 손상이나 바이러스, 박테리아 같은 외부 물질이 체내로 유입 시 나타나게 되며, 인체에 충혈, 발열, 통증 등의 다양한 상해 또는 질병이 발생할 경우 염증과정을 동반하게 되는데(Fontes, Pinheiro, de Oliveira, de Medeiros Oliveira, Lajus, & Agnez-Lima, 2015; Ridker, Hennekens, Buring, & Rifai, 2000; Tak & Firestein, 2001), 이러한 염증반응은 비만, 대사증후군, 당뇨, 노화, 퇴행성 뇌 질환, 암 발생과 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Chapple, 1997; Dubois, 2015).

고강도 운동 후, 감염이나 외상과 같은 반응이 인체에 나타나게 되며 활성화된 백혈구는 염증반응에 관여하는 세포를 자극하여 사이토카인 분비 및 단백질의 농도가 증가된다(Chen, & Nuñez, 2010; Gleeson, Nieman, & Pedersen, 2004). 이러한 고강도의 운동은 스트레스로 작용되어 Tumor necrosis factor- $\alpha$ (TNF- $\alpha$ )를 생성하며, 이는 활성산소종의 세포사멸을 일으키는 TNF-receptor 1에 결합하여 Nuclear factor kappa B(NF- $\kappa$ B)를 활성화시킴으로써 산화 스트레스에 대응한 유전자 발현을 유도하는 세포 신호전달에 부정적인 영향을 미치게 된다(Vallabhapurapu, & Karin, 2009). 또한, 면역 매개 염증반응의 핵심적 역할을 하는 수송 단백질인 IL-6는 사이토카인 중 하나로, 운동 시 반응이 크고 주로 골격근의 수축 시 활성화가 되어 염증 및 항염증의 기능 뿐만 아니라 면역 및 대사기능에도 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Glund, Deshmukh, Long, Moller, Koistinen, Caidahl, Zierath, & Krook, 2007; Petersen, & Pedersen, 2005).

운동선수들의 경기력을 유지 또는 향상시키고자 할 때 인체에 부작용을 유발하지 않는 범위 내에서의 운동보조식품 섭취는 훈련 시 또는 경기 현장에서 운동선수의 생리적 기능 개선과 운동수행능력의 향상에 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

커큐민(Curcumin 또는 Diferuloylmethane)은 울금(Turmeric, *Curcuma longa*, *C. longa*) 뿌리라고 알려진 *curcuma* 식물 뿌리 추출물로 노란색을 내는 향신료의 주성분으로서(Nicol, Rowlands, Fazakerly, & Kellett, 2015), 중국과 인도 의학에서의 커큐민은 항염증제, 항암제 및 항산화제 특성이 있는 것으로 보고하였다(Maheshwari, Singh, Gaddipati, & Srimal, 2006; Menon, & Sudheer, 2007; Itokawa, Shi, Akiyama, Morris-Natschke, & Lee, 2008).

커큐민이 체내 흡수되는 과정은 세포 내 환원 효소로 인한 Tetrahydrocurcumin, Hexahydrocurcumin, Octahydrocurcumin 등으로 환원되는 것으로 보고되고 있으며(Zhang, Luo, Xie, Xian, Lai, Liu, Chen, Lai, Lin, & Su, 2018), 이는 커큐민 자체의 체내 흡수율이 낮다고 알려졌으나, 후추 성분인 Piperine을 이용하여 체내 흡수율을 높이는 방법을 제시하고 있다(Prasad, Tyagi, & Aggarwal, 2014). 또한, 커큐민의 유도체들이 강력한 항염 효과를 갖는 것으로 선행연구를 통해 알려지면서 커큐민의 체내 흡수율과 관련한 근거를 뒷받침하고 있다(Hewings & Kalman, 2017; Zhang et al., 2018).

한편, 좀 더 세부적으로 살펴보면, 지구성 종목선수들은 근육의 유산소 능력의 증가, 근글리코겐 소비의 억제와 지방 소비 증가에 따른 젖산 생성의 감소, 미토콘드리아 숫자와 크기의 증가 및 마이오글로빈이 증가되는 것으로 알려져 있다(Seiler, & Kjerland, 2006). 또한, 저항성 종목선수들은 훈련을 통해 근육의 횡단면적 증가에 의한 근비대(muscle hypertrophy)와 근섬유의 크기가 증가, 근원섬유량, 세포질의 밀도 및 나트륨-칼륨 ATP 가수분해효소의 활성이 증가하며(Kraemer, Duncan, & Volek, 1998), 근력과 파워, 근지구력의 증가와 함께 운동 자극에 의한 단백질 합성률의 증가는 운동선수의 운동수행력을 향상시키는 것으로 알려져 있다(Phillips, Hartman, & Wilkinson, 2005). 이러한 지구성 및 저항성의 장기적인 고강도 운동 후 회복에 따른 신체 스트레스 감소는 체력 및 경기력의 향상을 가져오게 되며, 특히 고강도 훈련 시 적절한 영양 섭취는 산화 스트레스 및 염증 회복에 있어서 중요한 전략이라고 할 수 있다.

그러나 Aubry, Hausswirth, Louis, Coutts, Buchheit, & Le Meur (2015)에 의하면 많은 운동선수들의 경기 일정은 몇 주 또는 몇 개월 연속으로 경기가 지속되기 때문에 선수들이 시즌 내내 최고의 수행력을 유지하기가 쉽지 않으며, 시즌 기간 동안 선수들이 최적의 체력 수준을 유지하면서 고강도 훈련 및 시합 후 회복의 필요성을 충족시킬 수 있는 트레이닝 방법을 선수들에게 제공하는 것은 어려울 수 있음을 언급하였다.

커큐민을 대상으로 한 연구에서 운동에 따른 항산화 용량 증가로 산화 스트레스가 감소되었으며(Takahashi, Suzuki, Kim, Otsuka, Imaizumi, Miyashita, & Sakamoto, 2014), 쥐의 골격근에서의 미토콘드리아 생합성의 증가(Hamidic, Yamada, Ishizawa, Saito, & Masuda, 2015), 신장성 운동(eccentric exercise)에 따른 쥐의 가자미근에서 근육 손상과 관련된 염증 사이토카인 감소(Davis, Murphy, Carmichael, Zielinski, Groschwitz, Brown, Gangemi,

Ghaffar, & Mayer, 2007), 지연성 근통증(delayed onset muscle soreness)과 관련된 통증 감소로 인한 근 기능 회복의 향상(Nicol, Rowlands, Fazakerly, & Kellett, 2015)에 도움이 되는 것으로 보고하였다. 그러나 커큐민 효과에 관한 다양한 선행연구는 건강한 성인, 특정 질환자 또는 동물 관련 연구가 주를 이루고 있는 실정이다.

특히, 지구성 및 저항성 운동선수들의 고강도 훈련에 따른 산화적 스트레스, 조직의 손상 및 염증 수준의 증가를 개선할 수 있는 운동보조수단의 적용과 이와 관련된 생리학적 매커니즘의 규명이 절실히 요구된다.

따라서 본 연구는 지구성 및 저항성 종목 선수들을 대상으로 고강도 훈련 기간 동안 커큐민을 섭취시켜 훈련 기간 전·후에 나타나는 조직의 염증, 산화 스트레스 및 운동수행력에 미치는 효과를 규명하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 대한육상경기연맹에 가입된 중장거리 선수와 투척종목 선수를 모집단으로 설정한 다음 온라인과 오프라인을 통한 유목적 표집법(purposeful sampling)을 이용하여 대상자를 선발하였다. 대상자 수는 본 연구에서 혈중 염증지표인 TNF- $\alpha$ 를 준거로 산출하였다.

#### 1) 선행연구

Panahi et al(2016), "Effects of curcumin on serum cytokine concentrations in subjects with metabolic syndrome : A post-hoc analysis of a randomized controlled trial" Journal of cardiovascular pharmacology, 68(3), 223-229.

#### 2) 대상자 산출

- 유효성 평가 지수 : TNF- $\alpha$
- 유효성 평가 지표 : 집단 별 TNF- $\alpha$  변화량
- 유의수준: 5% / 검정력 (power of the test) : 80%, Effect size: 2.78
- 이탈율 : 20%

#### 3) 집단 별 TNF- $\alpha$ 변화량

표 1. 집단별 TNF- $\alpha$  변화량

실험군	-16.22 $\pm$ 12.99(M $\pm$ SD)	$n_e = kn_t, \quad n_t = \frac{(z_{\alpha/2} + z_\beta)^2 \sigma^2 (1 + 1/k)}{(\mu_t - \mu_c)^2}$
대조군	1.42 $\pm$ 6.65(M $\pm$ SD)	

연구대상자를 추출한 결과 군 당 4명, 이탈율 20%를 고려하여 집단 별 5명이 산출되었다. 그러나 본 연구에서는 중장거리 및 투척종목을 준거로 이원화하여 연구가 진행되기 때문에 각 종목 별 실험군 및 대조군 5명 씩, 총 20명으로 편성하였다.

표 2. 집단 별 배정 비율 및 인원 수

중장거리부 (1:1)		투척부 (1:1)	
커큐민섭취군 (EnC)	대조군(EnN)	커큐민섭취군 (ReC)	대조군(ReN)
5명	5명	5명	5명

또한 연구대상자로 선정된 대상자들은 블록 무작위 배정(block randomization) 방법을 이용하여 종목에 따른 집단 별 커큐민 섭취군 및 대조군에 1:1의 비율로 배정하였다.

### 2. 연구설계 및 절차

본 연구의 설계는 5주, 무작위배정, 대조식품 비교연구를 진행하였으며, 본 연구에 지원한 피험자가 연구에 대해 충분하게 이해하고 자의에 의해 참여할 것을 서면으로 동의한 피험자에 한해서 혈액학적 검사 실시 후 선정기준에 적합하고 제외기준에 해당되지 않는 피험자를 시험군 또는 대조군에 1:1로 무작위 배정하였다. 무작위 배정된 피험자는 시험용 식품을 배부 받고 섭취 방법을 고지하였다.

본 시험은 한국체육대학교 생명윤리위원회(IRB: 1263-201909-BR-011-02)의 승인을 받은 후 연구를 실시하였으며, 연구절차는 <그림 1>과 같다.

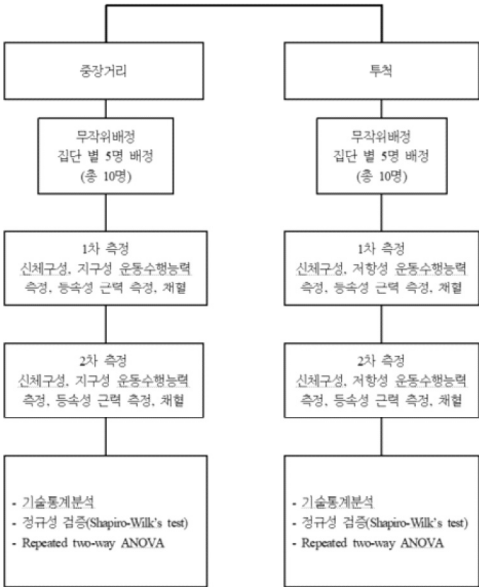


그림 1. 연구절차

### 3. 측정방법

#### 1) 시험용 식품 및 섭취방법

본 연구에 사용한 강황(커큐민)추출물은 식품의약품안전처에서 건강기능식품 개별인증형으로 승인한 원료를 사용하였으며, 한 번에 각 5주복용 분량 35정을 포장하여 피험자에게 전달하였다. 이때 사용한 강황추출물의 지표성분인 curcumin은 400mg/g을 사용하였다.

연구에 참가한 모든 대상자는 시험용 식품을 1일 1회, 1회 1캡슐로 총 250mg을 복용하였으며, 각 대상자당 시험/대조군의 총 투여기간은 5주간 실시하였다.

#### 2) 혈액분석 방법

##### (1) 채혈방법

연구대상자는 고강도 단계의 고강도 훈련 전·후 운동 직후 혈액 샘플을 채취하였다. 혈액샘플 채취를 위해 12시간의 공복상태를 유지하도록 통제하였으며, 상완주정맥에서 1회용 주사기를 사용하여 20ml의 혈액을 채취하여 SST(scrum separator tube), EDTA(ethylene diamine tetraacetic acid)가 처리된 진공 채혈관 튜브를 사용하여 혈액을 담고, 채혈 직후 3,000rpm으로 15-20분간 원심분리하여 -80℃에서 deep freezer에 냉동 보관하였다.

##### 3) 혈액분석

본 연구에서의 채혈된 혈액은 효소 결합 면역 흡착분석법(ELISA; Enzyme-Linked Immunosorbent Assay)으로 분석하였으며 혈중 IL-6 및 TNF- $\alpha$ 의 수치는 R&D사의 HS600C kit 및 HSTA00E kit을 이용한 duplicate 방법으로 도출하였다.

### 4. 훈련프로그램

본 연구에서의 5주간의 훈련프로그램은 <표 3>과 같다.

표 3. 훈련 프로그램

구분	종목	운동방법		
		1~2주차	3~4주차	5주차
월, 목	■ 상체 - Bench press - Power clean - Standing press - Wide-grip rear lat pull-down - Good morning & Hyperextension - Sit up & 턱걸이	W/T 운동방법 - 부하 : 60~70% - 운동종목 수: 8개 - 세트간 반복횟수 : 8~12회 - 종목당 세트 수 : 3~5세트 - 종목간 휴식인터벌 : 3~5분 - 세트간 휴식인터벌 : 1~3분	W/T 운동방법 - 부하 : 70~85% - 운동종목 수: 8개 - 세트간 반복횟수 : 4~8회 - 종목당 세트 수 : 3~5세트 - 종목간 휴식인터벌 : 2~4분 - 세트간 휴식인터벌 : 1~2분	W/T 운동방법 - 부하 : 85~100% - 운동종목 수: 8개 - 세트간 반복횟수 : 3~5회 - 종목당 세트 수 : 5~7세트 - 종목간 휴식인터벌 : 4~5분 - 세트간 휴식인터벌 : 2~3분
화, 금	■ 하체 - Dead lift - Squat - Dip stand leg raise - Leg curl & Extension - Power jerk - Walking Lunge	W/T 운동방법 - 부하 : 60~70% - 운동종목 수: 7개 - 세트간 반복횟수 : 8~15회 - 종목당 세트 수 : 3~5세트 - 종목간 휴식인터벌 : 3~5분 - 세트간 휴식인터벌 : 1~3분	W/T 운동방법 - 부하 : 70~85% - 운동종목 수: 7개 - 세트간 반복횟수 : 3~10회 - 종목당 세트 수 : 3~5세트 - 종목간 휴식인터벌 : 2~4분 - 세트간 휴식인터벌 : 1~2분	W/T 운동방법 - 부하 : 85~100% - 운동종목 수: 7개 - 세트간 반복횟수 : 3~7회 - 종목당 세트 수 : 5~9세트 - 종목간 휴식인터벌 : 4~6분 - 세트간 휴식인터벌 : 2~3분

### 5. 자료처리 및 평가방법

본 연구에서는 SPSS 22.0 통계프로그램을 사용하여 각각의 집단과 처치기간에 따른 항목별 차이를 알아보기 위하여 two-way(2RG  $\times$  2RM) ANOVA를 실시하였으며, 모든 유의검증 수준은  $\alpha=.05$ 로 하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 커큐민 섭취에 따른 신체조성의 변화

5주간 커큐민 섭취에 따른 신체조성의 변화를 검증한 결과는 <표 4>와 같다.

표 4. 커큐민 섭취에 따른 신체조성의 변화

Variable	Group	Base line	5 Week	F(p)
체중 (kg)	EnC	57.85 $\pm$ 3.24	58.05 $\pm$ 3.67	0.114 (0.744)
	EnN	58.33 $\pm$ 3.77	58.74 $\pm$ 3.04	
	ReC	118.48 $\pm$ 4.08	116.98 $\pm$ 4.56	2.279 (0.170)
	ReN	116.66 $\pm$ 5.39	116.02 $\pm$ 4.95	
제지방량 (kg)	EnC	48.96 $\pm$ 6.55	49.04 $\pm$ 7.11	0.259 (0.624)
	EnN	49.22 $\pm$ 5.87	48.59 $\pm$ 6.69	
	ReC	87.25 $\pm$ 7.51	87.63 $\pm$ 6.69	0.784 (0.402)
	ReN	86.15 $\pm$ 7.85	86.33 $\pm$ 7.26	
체지방률 (%)	EnC	6.98 $\pm$ 1.13	6.79 $\pm$ 1.36	1.256 (0.295)
	EnN	7.25 $\pm$ 1.68	7.31 $\pm$ 1.89	
	ReC	25.81 $\pm$ 5.47	25.13 $\pm$ 6.12	0.612 (0.457)
	ReN	24.88 $\pm$ 6.12	24.79 $\pm$ 6.94	

\* EnC : 중장거리 커큐민 섭취 집단(EnC), EnN : 중장거리 대조 집단, ReC : 투척 커큐민 섭취 집단, ReN : 투척 대조 집단

체중을 분석한 결과 EnC 집단에서는 사전측정( $57.85 \pm 3.24\text{kg}$ ) 이후 5주( $58.05 \pm 3.67\text{kg}$ )에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, EnN 집단에서도 소폭 증가하였지만, 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 또한, ReC 집단에서는 사전측정( $118.48 \pm 4.08\text{kg}$ ) 이후 5주( $116.98 \pm 4.56\text{kg}$ )에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, ReN 집단에서도 소폭 증가하였지만, 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

제지방량을 분석한 결과 EnC 집단에서는 사전측정( $48.96 \pm 6.55\text{kg}$ ) 이후 5주( $49.04 \pm 7.11\text{kg}$ )에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, EnN 집단에서는 소폭 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 또한, ReC 집단에서는 사전측정( $87.25 \pm 7.51\text{kg}$ ) 이후 5주( $87.63 \pm 6.69\text{kg}$ )에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, ReN 집단에서도 소폭 증가하였지만, 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

체지방율을 분석한 결과 EnC 집단에서는 사전측정( $6.98 \pm 1.13\%$ ) 이후 5주( $6.79 \pm 1.36\%$ )에서 점차 감소하는 경향이 나타났으며, EnN 집단에서는 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 또한, ReC 집단에서는 사전측정( $25.81 \pm 5.47\%$ ) 이후 5주( $25.13 \pm 6.12\%$ )에서 점차 감소하는 경향이 나타났으며, ReN 집단에서도 소폭 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

## 2. 커큐민 섭취에 따른 혈중 염증반응의 변화

5주간 커큐민 섭취에 따른 혈중 염증반응의 변화를 검증한 결과는 <표 5>와 같다.

표 5. 커큐민 섭취에 따른 혈중 염증반응의 변화

Variable	Group	Base line	5 Week	F(p)
TNF- $\alpha$ (pg/ml)	EnC	$10.66 \pm 0.68$	$9.78 \pm 0.77$	4.957 (0.020)
	EnN	$10.53 \pm 2.73$	$10.47 \pm 2.66$	
	ReC	$10.45 \pm 0.94$	$9.31 \pm 0.79$	
	ReN	$10.93 \pm 1.11$	$10.82 \pm 1.35$	
IL-6 (pg/ml)	EnC	$1.27 \pm 0.42$	$0.96 \pm 0.31$	12.304 (0.008)
	EnN	$1.28 \pm 0.39$	$1.33 \pm 0.57$	
	ReC	$1.20 \pm 0.30$	$0.88 \pm 0.33$	
	ReN	$1.26 \pm 0.45$	$1.22 \pm 0.53$	

\* EnC : 중장거리 커큐민 섭취 집단(EnC), EnN : 중장거리 대조 집단, ReC : 투척 커큐민 섭취 집단, ReN : 투척 대조 집단

TNF- $\alpha$ 를 분석한 결과 EnC 집단에서는 사전측정( $10.66 \pm 0.68\text{pg/ml}$ ) 이후 5주( $9.78 \pm 0.77\text{pg/ml}$ )에서 점차 감소하는 경향이 나타났으며, EnN 집단에서도 소폭 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p < .05$ ). 또한, ReC 집단에서는 사전측정( $10.53 \pm 2.73\text{pg/ml}$ ) 이후 5주( $10.47 \pm 2.66\text{pg/ml}$ )에서 점차 감소하는 경향이 나타났으며, ReN 집단에서도 소폭 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과

에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p < .001$ ).

IL-6을 분석한 결과 EnC 집단에서는 사전측정( $1.27 \pm 0.42\text{pg/ml}$ ) 이후 5주( $0.96 \pm 0.31\text{pg/ml}$ )에서 점차 감소하는 경향이 나타났으며, EnN 집단에서는 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p < .01$ ). 또한, ReC 집단에서는 사전측정( $1.26 \pm 0.45\text{pg/ml}$ ) 이후 5주( $1.22 \pm 0.53\text{pg/ml}$ )에서 점차 감소하는 경향이 나타났으며, ReN 집단에서도 소폭 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p < .001$ ).

## 3. 커큐민 섭취에 따른 산화 스트레스의 변화

5주간 커큐민 섭취에 따른 산화 스트레스의 변화를 검증한 결과는 <표 6>과 같다.

표 6. 커큐민 섭취에 따른 산화 스트레스의 변화

Variable	Group	Base line	5 Week	F(p)
CAT (nmol/min/ mL)	EnC	$31.28 \pm 8.29$	$35.19 \pm 9.70$	37.720 (0.000)
	EnN	$38.23 \pm 14.63$	$35.42 \pm 13.02$	
	ReC	$32.97 \pm 7.71$	$36.77 \pm 9.45$	
	ReN	$33.83 \pm 17.58$	$33.71 \pm 12.90$	
SOD (pmol/mL)	EnC	$1.73 \pm 0.71$	$1.93 \pm 0.65$	4.660 (0.063)
	EnN	$1.83 \pm 0.55$	$1.73 \pm 0.80$	
	ReC	$1.76 \pm 1.04$	$1.88 \pm 0.77$	
	ReN	$1.80 \pm 0.99$	$1.90 \pm 1.25$	

\* EnC : 중장거리 커큐민 섭취 집단(EnC), EnN : 중장거리 대조 집단, ReC : 투척 커큐민 섭취 집단, ReN : 투척 대조 집단

CAT를 분석한 결과 EnC 집단에서는 사전측정( $31.28 \pm 8.29\text{nmol/min/mL}$ ) 이후 5주( $35.19 \pm 9.70\text{nmol/min/mL}$ )에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, EnN 집단에서는 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p < .001$ ). 또한, ReC 집단에서는 사전측정( $32.97 \pm 7.71\text{nmol/min/mL}$ ) 이후 5주( $36.77 \pm 9.45\text{nmol/min/mL}$ )에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, ReN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

SOD를 분석한 결과 EnC 집단에서는 사전측정( $1.73 \pm 0.71\text{pmol/mL}$ ) 이후 5주( $1.83 \pm 0.55\text{pmol/mL}$ )에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, EnN 집단에서는 소폭 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한, ReC 집단에서는 사전측정( $1.76 \pm 1.04\text{pmol/mL}$ ) 이후 5주( $1.88 \pm 0.77\text{pmol/mL}$ )에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, ReN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

#### 4. 커큐민 섭취에 따른 등속성 허리 신전력 및 굴근력의 변화

5주간 커큐민 섭취에 따른 등속성 허리 신전력 및 굴근력의 변화를 검증한 결과는 <표 7>과 같다.

표 7. 커큐민 섭취에 따른 등속성 허리 신전력 및 굴근력의 변화

Variable	Group	Base line	5 Week	F(p)
30°/sec 허리 신전력 (%BW)	EnC	352.25±42.94	368.75±52.69	4.838 (0.033)
	EnN	351.98±35.28	356.96±46.66	
	ReC	471.07±57.55	488.34±48.16	7.368 (0.026)
	ReN	483.22±51.17	485.30±49.95	
30°/sec 허리 굴근력 (%BW)	EnC	307.22±43.18	312.28±51.44	4.935 (0.027)
	EnN	313.25±54.48	311.33±42.27	
	ReC	405.55±26.66	424.01±20.38	4.797 (0.048)
	ReN	399.64±52.66	407.66±58.74	
90°/sec 허리 신전력 (%BW)	EnC	392.54±51.44	405.11±48.60	4.822 (0.038)
	EnN	400.01±47.16	403.97±55.14	
	ReC	517.68±23.17	532.22±39.67	3.594 (0.094)
	ReN	528.48±49.57	534.86±53.38	
90°/sec 허리 굴근력 (%BW)	EnC	311.08±42.26	319.66±51.07	0.201 (0.666)
	EnN	308.11±55.36	313.16±47.11	
	ReC	403.55±33.16	419.97±24.11	2.761 (0.135)
	ReN	398.64±49.33	405.37±56.81	

\* EnC : 중장거리 커큐민 섭취 집단(EnC), EnN : 중장거리 대조 집단, ReC : 투척 커큐민 섭취 집단, ReN : 투척 대조 집단

30°/sec 허리 신근력을 분석한 결과 EnC 집단에서는 사전측정(352.25±42.94) 이후 5주(368.75±52.69)에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, EnN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 또한, ReC 집단에서는 사전측정(471.07±57.55) 이후 5주(488.34±48.16)에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, ReN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ).

30°/sec 허리 굴근력을 분석한 결과 EnC 집단에서는 사전측정(307.22±43.18) 이후 5주(312.28±51.44)에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, EnN 집단에서는 소폭 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 또한, ReC 집단에서는 사전측정(405.55±26.66) 이후 5주(424.01±20.38)에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, ReN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ).

90°/sec 허리 신근력을 분석한 결과 EnC 집단에서는 사전측정(392.54±51.44) 이후 5주(405.11±48.60)에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, EnN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 또한, ReC 집단에서는 사전측정(517.68±23.17) 이후 5주

(532.22±39.67)에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, ReN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

90°/sec 허리 굴근력을 분석한 결과 EnC 집단에서는 사전측정(311.08±42.26) 이후 5주(319.66±51.07)에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, EnN 집단에서는 소폭 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한, ReC 집단에서는 사전측정(403.55±33.16) 이후 5주(419.97±24.11)에서 점차 증가하는 경향이 나타났으며, ReN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

## IV. 논의

본 연구는 지구성 및 저항성 종목 운동선수들을 대상으로 5주간의 고강도 훈련 기간 커큐민을 섭취시켜 훈련 기간 전·후의 신체조성, 조직의 염증, 산화 스트레스 및 운동수행력에 미치는 효과를 분석, 측정된 연구결과에 대한 논의는 다음과 같다.

### 1. 신체조성의 변화

골격근은 혈중 포도당 조절 및 균형 있는 에너지 대사 유지를 위해 중요한 조직으로 알려져 있으며 생물학적으로 성숙된 이후 인슐린 저항성의 증가와 근육 내 산소이용능력의 감소는 근력의 발현이 감소 될 수 있으나, 규칙적인 신체활동을 통해 골격근의 기능 감소를 최소화 할 수 있다.

또한, 선행연구에서는 커큐민을 식이요법으로 실시한 ob/ob mice에서 체중감량과 제지방조직이 증가하였으며(Weisberg, Leibel, & Tortoriello, 2008), C57/BL mice에서 지방 생성에 관여하는 주요 전사 단백질의 억제제인 체중 감소 및 지방 조직을 감소하는 것으로 알려져 있다. 또한, 커큐민의 지속적인 섭취로 체중 감소의 증가와 함께 전 염증성 사이토카인(pro-inflammatory) 및 C-반응성 단백질(C-reactive proteins) 수준이 감소(Corbi, Carbone, Ziccardi, Giugliano, Marfella, Nappo, Paolisso, Esposito, & Giugliano, 2002; Ziccardi, Nappo, Giugliano, Esposito, Marfella, Cioffi, D'Andrea, Molinari, & Giugliano, 2002)됨에 따라 체중 감량 및 제지방량의 증가는 인슐린 저항 감소 및 심혈관 건강 개선에도 효과가 있으며(Ejaz, Wu, Kwan, & Meydani, 2009; Weisberg et al, 2008) 기초대사율 및 사이토카인의 발현을 증가시키므로써 체중을 감소시킬 수 있음을 보고하고 있다(Alappat, & Awad, 2010).

본 연구에서 중장거리 커큐민 섭취 집단(EnC), 중장거리 대조 집단(EnN), 투척 커큐민 섭취 집단(ReC), 투척 대조 집단(ReN)의 각각 체중, 제지방량, 제지방률의 집단 간 및 집단 내 변화량을 분석한 결과 집단 내 체중의 ReC 집단에서 유의한 변화가 나타났으며, 이와 같은 결과는 선행연구의 결과와 일치하였다고 볼 수 있다. 그러나 EnC 집단에서는 커큐민 섭취와 고강도 훈련 전·후 변

화에서 체중과 제지방량이 증가한 것으로 나타났는데, 이는 커큐민 섭취를 통해 골격근 기능 향상에 기인한 것으로 판단된다.

커큐민은 과이어콜(guaiacol) 핵 화합물의 매운맛 성분을 지니며 육각형 벤젠고리에 수산기(OH-)가 붙어있는 화학구조로 활성산소를 억제하여 항산화, 항암효과(김관우, 2007) 및 지방분해 기전에서 체내 갈색지방조직 활성을 통한 에너지 소비조절에 중요한 역할을 하며(김영진, 김보혜, 이선이, 김민수, 박찬선, 이문수, 이강현, 김동섭, 2006), 체지방 감소의 효과는 갈색조직지방에서의 열생성 작용으로 인해 지방분해를 촉진하는 것으로 보고되고 있다(안인숙, 박진영, 도명술, 2007).

이러한 기전은 ReC 집단에서 고강도 훈련 및 커큐민 섭취를 통해 갈색지방에서의 열생성 작용으로 인한 체중 감소 효과가 있었을 것으로 예측되며, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나 ReN 집단에 비해 제지방량의 증가와 체지방률이 다소 감소하는 경향을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 커큐민의 매운맛 성분으로 인하여 부교감신경계를 자극하고 아드레날린의 분비가 촉진되어 근육과 간에서 글리코겐의 분해를 통한 에너지를 생산함으로써 운동수행력 증가의 결과로 예측할 수 있다.

## 2. 혈중 염증 반응의 변화

염증반응은 대식세포(macrophage) 및 마이크로글리아(microglia) 세포의 활성화로부터 염증인자의 증가가 나타나며, 정상적인 상태에서는 항원인식으로 인하여 항원항체 반응으로 제거하는 역할을 하지만 과활성 시 병인으로 작용을 하게 된다(Nathan, 2002). 특히, 마이크로글리아 세포는 염증 반응 시 항원표식작용(antigen presentation), 대식작용(phagocytosis), 사이토카인(cytokine)과 염증 매개인자인 ROS 또는 NO의 분비 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(Vilhardt, 2005).

고강도 운동을 지속할 경우 대식세포의 순환 과정에서 많은 매개물질이 분비되며, 근 조직손상 또는 감염으로 인한 염증성 사이토카인의 증가는 염증 반응을 유도하게 된다(Banzet, Sanchez, Chapot, Bigard, Vaulont, & Koulmann, 2012; Pedersen, Steensberg, & Schjerling, 2001). 더욱이 장시간 또는 높은 운동 강도를 지속적으로 수행할 경우 근 통증이 유발되고 만성적인 염증상태가 나타나며, TNF- $\alpha$ , IL-6 등과 같은 염증성 사이토카인이 증가(Bruunsgaard, 2005)하게 됨으로써 선수들의 경기력을 원인으로 작용할 수 있다(Moreira, Kekkonen, Delgado, Fonseca, Korpela, & Hahtela 2007).

커큐민이 강력한 항염증 효과에 관한 근거로, 전 염증성 유전자의 발현을 조절하는 전사 인자인 NF- $\kappa$ B의 활성화를 억제(Biswas, McClure, Jimenez, Megson, & Rahman, 2005; Farid, Reid, Li, Gerken, & Durham, 2005; Foryst-Ludwig, Neumann, Schneider-Brachert, & Naumann, 2004; Shishodia, Amin, Lai, & Aggarwal, 2005; Weber, Hunsaker, Roybal, Bobrovnikova-Marjon, Abcouwer, Royer, Deck, & Vander Jagt, 2006)하며, 염증과 관련된 효소인 COX-2의 발현의 하향 조절(Goel, Boland, & Chauhan,

2001; Tunstall, et al, 2006)과 5-LOX(lipoxygenase)의 발현을 억제(Prasad, Raghavendra, Lokesh, & Naidu, 2004)하는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서 5주간의 고강도 훈련 기간 동안 커큐민 섭취군인 EnC 집단과 ReC 집단의 집단 내 TNF- $\alpha$ , IL-6 변화에서 통계적으로 유의한 차이가 나타난 것을 확인할 수 있었으며, TNF- $\alpha$ , IL-6의 집단 간 변화량에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, ReC 집단에서의 CK의 집단 간 변화량에서도 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

Yue, Chan, Hon, Kennelly, Yeung, Cassileth, Fung, Leung, & Lau(2010)의 선행 연구에서는 올금에서 추출한 다당류가 인간의 말초 혈액 단핵구에서 염증성 사이토카인인 TNF- $\alpha$ , IL-6 등의 분비를 조절하였으며, Chan(1995)은 커큐민이 인간의 대식세포에서 LPS(lipopolysaccharide)에 의해 유도된 TNF- $\alpha$ 의 생성을 감소시켰다고 보고하였다. 이러한 선행연구들을 통해 커큐민이 전염증성 사이토카인의 분비를 조절하였음을 예측할 수 있다.

## 3. 산화 스트레스의 변화

산화 스트레스는 체내 유리기와 반응성 산소 화합물의 과잉으로 인해 항산화 매커니즘의 균형이 깨지면서 발생하는 것으로 활성산소의 증가는 라디칼의 생성이 지질 과산화물을 일으켜 세포손상과 생리적 이상을 초래하고(Halliwell, 1996), 단백질 및 DNA 변형, 세포 내 미토콘드리아 파괴(Sayre, Perry, & Smith, 2007), 항산화 효소의 발현을 감소시킨다(Yamamoto, 2001).

강황유래 커큐미노이드(curcuminoid)의 항산화 기능은 산화 스트레스에 따른 근육의 세포사멸 예방 및 C2C12 mouse myoblasts 분화 촉진에 효능이 있는 것으로 알려져 있어 산화 스트레스에 의한 근 감소 예방에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Tipbunjong, Sookbangnop, Ajavakom, Suksamram, Kitiyanant, & Pholpramool, 2018). 또한, 커큐민의 효능은 많은 동물실험을 통해 밝혀졌으며, 대표적으로 활성산소 소거능(free radical scavenger)과 항산화 효능이 보고되고 있다(Strimpakos & Sharma, 2008). 현재까지 산화적 손상 억제와 관련하여 어떠한 기전으로 명백하게 밝혀지지 않았으나 다른 물질에 비해 커큐민의 항산화효능이 높은 것으로 보고되고 있다(Hatcher et al, 2008).

과산화 효소의 대표적인 효소인 CAT는 적혈구나 신장, 간에 주로 생성된다. CAT의 주요 역할은 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)를 산소와 물로 분해하는 효소로 작용하며, 체내 과산화수소를 제거하여 세포 손상을 방지하여 체내 세포의 정상적인 생명 활동을 할 수 있도록 촉매 역할을 한다.

본 연구 결과 5주간의 고강도 훈련 기간 동안 커큐민 섭취 후 EnC 집단의 집단 내 변화와 EnC 집단과 EnN 집단의 집단 간 변화량에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

SOD는 중요한 항산화 효소로서 과산화 음이온을 과산화수소로 전환 하는 역할을 하며 산소에 노출되는 대부분의 세포에서 항산화 방어기작을 하는 것으로 알려져 있다(Tipbunjong, 2018). 고강도



의 운동은 과산화물질의 생성이 증가되어 산화 스트레스로 인한 인체를 손상시킬 수 있으므로 운동능력의 회복이 중요한 영향을 미친다. 본 연구 결과 5주간의 고강도 훈련 기간 동안 커큐민 섭취 후 EnC 집단의 집단 내 변화에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

#### 4. 등속성 허리 신전력 및 굴근력의 변화

인간의 신체활동은 근 수축을 바탕으로 이루며 운동선수들의 경기력 향상을 위해서는 근력, 근지구력, 근 파워 등의 근 기능 발달이 필수 불가결한 요소이다. 육상 경기 중 투척 종목은 짧은 시간 안에 근육을 빠르게 신장시켜 신체의 최대능력을 발휘하는 종목으로 투포환이나 투창 등의 투척물을 얼마나 멀리 던지는지에 따라 경기결과가 결정된다(성봉주, 이영선, 2011). 이러한 투척경기는 민첩성 및 순발력, 최대근력과 신체의 협응력, 근기능 향상이 경기력을 좌우하는 중요한 요인 중 하나이며(강상학, 2011), 투척경기의 던지기 기술은 하지의 추진력과 함께 몸통의 회전력을 이용하여 힘이 상지에 전달되어 전신근력의 반발력을 이용하여 최대파워를 발산하는 기술이다.

중·장거리 경기는 대표적인 지구성 운동 종목으로 장시간의 신체 활동이 요구되며, 신체적성, 정신력 등의 내적 요인과 더불어 근력, 근지구력, 심폐지구력 등 고도의 운동능력이 좋은 기록을 달성하기 위한 필수적 요건이라고 할 수 있다.

5주간의 고강도 훈련 기간 동안 커큐민을 섭취하여 저항성 운동 종목과 지구성 운동 종목의 등속성 근력 허리 관절의 변화를 간접적으로 비교하여 연구 결과를 도출하였다.

고강도 훈련 전·후 30°/sec 허리 신전력 및 굴근력 변화에서 ReC 집단의 집단 내 변화에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, EnC 집단과 EnN 집단 간 및 ReC 집단과 ReN 집단 간 변화량에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, 고강도 훈련 전·후 90°/sec 허리 신전력 및 굴근력 변화에서 ReC 집단의 집단 내 변화에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 90°/sec 허리 신전의 EnC 집단과 EnN 집단 간 변화량에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

고강도 훈련 기간 동안 활동근육에서 안정 시에 비해 높은 산소를 이용하며 운동 참여기간과 강도에 따라 산화스트레스 노출 위험이 높아지게 됨으로써 골격근 손상과 근기능 감소에 영향을 미치게 되어 근력개선에 부정적인 영향을 초래하게 된다.

Takahashi 등(2014)의 연구에서 질병이 없는 젊은 남성들을 대상으로 커큐민 섭취와 60분간의 운동 후 증가된 산화스트레스를 혈중 항산화효소들에 의해 감소되는 것을 확인 할 수 있었으며 운동에 의해 산화스트레스 예방 측면으로 커큐민의 효과를 보고하였다. 이러한 연구 결과는 근력 향상을 목적으로 장기간 운동에 참여하는 사람 또는 운동선수에게 커큐민 섭취가 근력 향상에 긍정적인 효과를 미칠 것으로 예측된다.

30°/sec 허리 신전력 및 굴근력 및 90°/sec 허리 신전력 및 굴근력에서 ReC 집단의 집단 내 변화의 차이는 물론, 통계적으로 유

의한 차이가 나타나지 않았으나 EnC집단의 집단 내 변화의 증가된 경향은 선행연구의 결과를 뒷받침 한다고 볼 수 있다.

#### V. 결론

본 연구는 지구성 및 저항성 종목선수들을 대상으로 고강도 훈련 시 커큐민 섭취가 혈중 염증반응, 산화적 스트레스 및 운동수행력의 변화를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 커큐민 섭취에 따른 고강도 훈련 전·후 신체조성의 변화에서 체중, 체지방량과 체지방율에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.
2. 고강도 훈련 전·후 혈중 염증의 변화에서 TNF- $\alpha$  및 IL-6 분석결과 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.
3. 고강도 훈련 전·후 산화 스트레스의 변화에서 CAT 및 SOD 분석결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.
4. 고강도 훈련 전·후 허리 근력의 변화에서 30°/sec 허리 신전력 및 굴근력, 90°/sec 신전력에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

이러한 결과는 지구성 및 저항성 종목선수들이 고강도 훈련 시 커큐민의 섭취를 통해 혈중 염증반응 개선 및 운동수행력 향상에 도움을 줄 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- 강상학(2011). 원반던지기에서 어깨와 힙의 회전 운동에 관한 연구. **한국사회체육학회지**, 43(2), 759-768.
- 김관우(2016). 마라톤의 스포츠과학적 특성. **대한스포츠의학회지**, 34(1), 19-27.
- 김영진, 김보혜, 이선이, 김민수, 박찬선, 이문수, 이강현 & 김동섭 (2006). 항비만 기능성 식품소재 개발을 위한 생약 추출물의 탐색. **한국농화학회지**, 49(3), 221-226.
- 박승환, 류호상, 권영우(2011). **운동과 건강**. 서울: Pegnsus.
- 박우규(2008). 폐경 전·후 여성의 수영 및 웨이트트레이닝의 복합운동 후 건강관련 체력요인, 염증지표 및 항산화 능력 변화 비교. **한국발육발달학회지**, 16(2), 117-124.
- 성봉주, 이영선(2011). 엘리트 육상투척선수들의 종목 및 성별에 따른 기초 및 전문체력 비교. **체육과학연구**, 22(3), 2220-2236.
- 안인숙, 박건영, 도명술(2007). 체중조절전과 항비만기능성물질. **한국식품영양과학회지**, 36(4), 508.



- 정은봉(2014). 만성 및 급성 염증 모델에서 강황추출물의 효과. *한국 식품영양과학회지*, 43(4), 612-617.
- 최승준, 박송영, 곽이섭(2015). 과훈련증후군과 면역반응의 임상적 분석. *생명과학회지*, 25(11), 1324-1330.
- Aggarwal, B. B., Sundaram, C., Malani, N., & Ichikawa, H.(2007). Curcumin: the Indian solid gold. In *The molecular targets and therapeutic uses of curcumin in health and disease* (pp. 1-75). Springer, Boston, MA.
- Alappat, L., & Awad, A. B.(2010). Curcumin and obesity: evidence and mechanisms. *Nutrition reviews*, 68(12), 729-738.
- Asai, A., & Miyazawa, T.(2001). Dietary curcuminoids prevent high-fat diet-induced lipid accumulation in rat liver and epididymal adipose tissue. *The Journal of nutrition*, 131(11), 2932-2935.
- Aubry, A., Hausswirth, C., Louis, J., Coutts, A. J., Buchheit, M., & Le Meur, Y.(2015). The development of functional overreaching is associated with a faster heart rate recovery in endurance athletes. *PLoS One*, 10(10), e0139754.
- Banzet, S., Sanchez, H., Chapot, R., Bigard, X., Vaulont, S., & Koulmann, N. (2012). Interleukin-6 contributes to hepcidin mRNA increase in response to exercise. *Cytokine*, 58(2), 158-161.
- Biswas, S. K., McClure, D., Jimenez, L. A., Megson, I. L., & Rahman, I.(2005). Curcumin induces glutathione biosynthesis and inhibits NF- $\kappa$ B activation and interleukin-8 release in alveolar epithelial cells: mechanism of free radical scavenging activity. *Antioxidants & redox signaling*, 17(1-2), 32-41.
- Braakhuis, A. J., & Hopkins, W. G.(2015). Impact of dietary antioxidants on sport performance: a review. *Sports Medicine*, 45(7), 939-955.
- Bruunsgaard, H.(2005). Physical activity and modulation of systemic low-level inflammation. *Journal of leukocyte biology*, 78(4), 819-835.
- Chan, M. M. Y.(1995). Inhibition of tumor necrosis factor by curcumin, a phytochemical. *Biochemical pharmacology*, 49(11), 1551-1556.
- Chapple, I. L. C.(1997). Reactive oxygen species and antioxidants in inflammatory diseases. *Journal of clinical periodontology*, 24(5), 287-296.
- Chaudhary, K., & Sukhwil, I.(2016). Nutrition for optimal sports performance a review. *International Journal of Recent Scientific Research*, 7(4), 9988-9992.
- Chen, G. Y., & Nuñez, G.(2010). Sterile inflammation: sensing and reacting to damage. *Nature Reviews Immunology*, 10(12), 826-837.
- Corbi, G. M., Carbone, S., Ziccardi, P., Giugliano, G., Marfella, R., Nappo, F., Paolisso, G., Esposito, K., & Giugliano, D.(2002). FFAs and QT intervals in obese women with visceral adiposity: effects of sustained weight loss over 1 year. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 87(5), 2080-2083.
- Davis, J. M., Murphy, E. A., Carmichael, M. D., Zielinski, M. R., Groschwitz, C. M., Brown, A. S., Gangemi, J. D., Ghaffar, A., & Mayer, E. P.(2007). Curcumin effects on inflammation and performance recovery following eccentric exercise-induced muscle damage. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 292(6), R2168-R2173.
- Dubois, R. N.(2015). The Jeremiah Metzger Lecture: Inflammation, immune modulators, and chronic disease. *Transactions of the American Clinical and Climatological Association*, 126, 230.
- Ejaz, A., Wu, D., Kwan, P., & Meydani, M.(2009). Curcumin inhibits adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes and angiogenesis and obesity in C57/BL mice. *The Journal of nutrition*, 139(5), 919-925.
- Farid, M., Reid, M. B., Li, Y. P., Gerken, E., & Durham, W. J.(2005). Effects of dietary curcumin or N-acetylcysteine on NF- $\kappa$ B activity and contractile performance in ambulatory and unloaded murine soleus. *Nutrition & Metabolism*, 2(1), 20.
- Fontes, F. L., Pinheiro, D. M. L., de Oliveira, A. H. S., de Medeiros Oliveira, R. K., Lajus, T. B. P., & Agnez-Lima, L. F.(2015). Role of DNA repair in host immune response and inflammation. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 763, 246-257.
- Foryst-Ludwig, A., Neumann, M., Schneider-Brachert, W., & Naumann, M.(2004). Curcumin blocks NF- $\kappa$ B and the motogenic response in Helicobacter pylori-infected epithelial cells. *Biochemical and biophysical research communications*, 318(4), 1065-1072.
- Freeman, B. A., & Crapo, J. D. (1982). Biology of disease: free radicals and tissue injury. *Laboratory investigation; a journal of technical methods and pathology*, 47(5), 412-426.
- Gleeson, M., Nieman, D. C., & Pedersen, B. K.(2004). Exercise, nutrition and immune function. *Journal of sports sciences*, 22(1), 115-125.
- Glund, S., Deshmukh, A., Long, Y. C., Moller, T., Koistinen, H. A., Caidahl, K., Zierath, J. R., & Krook, A.(2007). Interleukin-6 directly increases glucose metabolism in resting human skeletal muscle. *Diabetes*, 56(6), 1630-1637.

- Goel, A., Boland, C. R., & Chauhan, D. P.(2001). Specific inhibition of cyclooxygenase-2 (COX-2) expression by dietary curcumin in HT-29 human colon cancer cells. *Cancer letters*, 172(2), 111-118.
- Gomez-Cabrera, M. C., Salvador-Pascual, A., Cabo, H., Ferrando, B., & Viña, J.(2015). Redox modulation of mitochondriogenesis in exercise. Does antioxidant supplementation blunt the benefits of exercise training?. *Free radical biology and medicine*, 86, 37-46.
- Halliwell, B.(1996). Commentary oxidative stress, nutrition and health. Experimental strategies for optimization of nutritional antioxidant intake in humans. *Free radical research*, 23(1), 57-74.
- Halliwell, B.(1994). Free radicals, antioxidants, and human disease: curiosity, cause, or consequence?. *The lancet*, 344(8924), 721-724.
- Hamidie, R. D. R., Yamada, T., Ishizawa, R., Saito, Y., & Masuda, K.(2015). Curcumin treatment enhances the effect of exercise on mitochondrial biogenesis in skeletal muscle by increasing cAMP levels. *Metabolism*, 64(10), 1334-1347.
- Hatcher, H., Planalp, R., Cho, J., Torti, F. M., & Torti, S. V.(2008). Curcumin: from ancient medicine to current clinical trials. *Cellular and molecular life sciences*, 63(11), 1631-1652.
- Hewlings, S., & Kalman, D.(2017). Curcumin: a review of its' effects on human health. *Foods*, 6(10), 92.
- Holt, P. R., Katz, S., & Kirshoff, R.(2005). Curcumin therapy in inflammatory bowel disease: a pilot study. *Digestive diseases and sciences*, 50(11), 2191-2193.
- Hong, J., Bose, M., Ju, J., Ryu, J. H., Chen, X., Sang, S., Lee, M. J., & Yang, C. S.(2004). Modulation of arachidonic acid metabolism by curcumin and related  $\beta$ -diketone derivatives: effects on cytosolic phospholipase A 2, cyclooxygenases and 5-lipoxygenase. *Carcinogenesis*, 25(9), 1671-1679.
- Itokawa, H., Shi, Q., Akiyama, T., Morris-Natschke, S. L., & Lee, K. H.(2008). Recent advances in the investigation of curcuminoids. *Chinese Medicine*, 3(1), 11.
- Kim, C. R.(2006). Enhancement of liver function by Curcuma extract on acute hepatotoxicity in rat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 20(3), 386-393.
- Kraemer, W. J., Duncan, N. D., & Volek, J. S.(1998). Resistance training and elite athletes: adaptations and program considerations. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 28(2), 110-119.
- Lee, J., & Jun, W.(2009). Methanolic extract of turmeric (*Curcuma longa* L.) enhanced the lipolysis by up-regulation of lipase mRNA expression in differentiated 3T3-L1 adipocytes. *Food Science and Biotechnology*, 18(6), 1500-1504.
- Maheshwari, R. K., Singh, A. K., Gaddipati, J., & Srimal, R. C.(2006). Multiple biological activities of curcumin: a short review. *Life sciences*, 78(18), 2081-2087.
- Menon, V. P., & Sudheer, A. R.(2007). Antioxidant and anti-inflammatory properties of curcumin. In *The molecular targets and therapeutic uses of curcumin in health and disease* (pp. 105-125). Springer, Boston, MA.
- Moreira, A., Kekkonen, R. A., Delgado, L., Fonseca, J., Korpela, R., & Haahtela, T.(2007). Nutritional modulation of exercise-induced immunodepression in athletes: a systematic review and meta-analysis. *European journal of clinical nutrition*, 61(4), 443-460.
- Nathan, C.(2002). Points of control in inflammation. *Nature*, 420(6917), 846.
- Nicol, L. M., Rowlands, D. S., Fazakerly, R., & Kellett, J.(2015). Curcumin supplementation likely attenuates delayed onset muscle soreness (DOMS). *European journal of applied physiology*, 115(8), 1769-1777.
- Nitz, J. C., & Choy, N. L.(2004). The efficacy of a specific balance-strategy training programme for preventing falls among older people: a pilot randomised controlled trial. *Age and ageing*, 33(1), 52-58.
- Panahi, Y., Kianpour, P., Mohtashami, R., Jafari, R., Simental-Mendia, L. E., & Sahebkar, A.(2016). Curcumin lowers serum lipids and uric acid in subjects with nonalcoholic fatty liver disease: a randomized controlled trial. *Journal of cardiovascular pharmacology*, 68(3), 223-229.
- Pedersen, B. K., Steensberg, A., & Schjerling, P.(2001). Exercise and interleukin-6. *Current opinion in hematology*, 8(3), 137-141.
- Petersen, A. M. W., & Pedersen, B. K.(2005). The anti-inflammatory effect of exercise. *Journal of applied physiology*, 98(4), 1154-1162.
- Phillips, S. M., Hartman, J. W., & Wilkinson, S. B.(2005). Dietary protein to support anabolism with resistance exercise in young men. *Journal of the American College of Nutrition*, 24(2), 134S-139S.
- Powers, S. K., Radak, Z., & Ji, L. L.(2016). Exercise-induced oxidative stress: past, present and future. *The Journal of physiology*, 594(18), 5081-5092.
- Powers, S. K., Ji, L. L., Kavazis, A. N., & Jackson, M. J.(2011). Reactive oxygen species: impact on skeletal muscle. *Comprehensive Physiology*, 1(2), 941-969.

- Prasad, S., Tyagi, A. K., & Aggarwal, B. B.(2014). Recent developments in delivery, bioavailability, absorption and metabolism of curcumin: the golden pigment from golden spice. *Cancer research and treatment: official journal of Korean Cancer Association*, 46(1), 2.
- Prasad, N. S., Raghavendra, R., Lokesh, B. R., & Naidu, K. A.(2004). Spice phenolics inhibit human PMNL 5-lipoxygenase. *Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids*, 70(6), 521-528.
- Ridker, P. M., Hennekens, C. H., Buring, J. E., & Rifai, N.(2000). C-reactive protein and other markers of inflammation in the prediction of cardiovascular disease in women. *New England Journal of Medicine*, 342(12), 836-843.
- Ryu, G. Y., No, K. H., Ryu, S. R., & Yang, H. S.(2005a). Study of separation and analysis method an effective component from UlGeum (*Curcuma longa*) and a contained curcumin as product of national and partial region cultures. *Appl Chem*, 9(1), 57-60.
- Ryu, S. R., Han, K. J., & Jang, H. D.(2005b). Separation and purification of effectiveness components from ulgeum (*Curcuma longa*) & the test study of anticancer effects that use its. *Applied Chemistry*, 9(1), 69-72.
- Sayre, L. M., Perry, G., & Smith, M. A.(2007). Oxidative stress and neurotoxicity. *Chemical research in toxicology*, 20(1), 172-188.
- Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø.(2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(1), 49-56.
- Shishodia, S., Amin, H. M., Lai, R., & Aggarwal, B. B.(2005). Curcumin (diferuloylmethane) inhibits constitutive NF- $\kappa$ B activation, induces G1/S arrest, suppresses proliferation, and induces apoptosis in mantle cell lymphoma. *Biochemical pharmacology*, 70(5), 700-713.
- Sreepriya, M., & Bali, G.(2006). Effects of administration of Embelin and Curcumin on lipid peroxidation, hepatic glutathione antioxidant defense and hematopoietic system during N-nitrosodiethylamine/Phenobarbital-induced hepatocarcinogenesis in Wistar rats. *Molecular and cellular biochemistry*, 284(1-2), 49-55.
- Strimpakos, A. S., & Sharma, R. A.(2008). Curcumin: preventive and therapeutic properties in laboratory studies and clinical trials. *Antioxidants & redox signaling*, 10(3), 511-546.
- Tak, P. P., & Firestein, G. S.(2001). NF- $\kappa$ B: a key role in inflammatory diseases. *The Journal of clinical investigation*, 107(1), 7-11.
- Takahashi, M., Suzuki, K., Kim, H. K., Otsuka, Y., Imaizumi, A., Miyashita, M., & Sakamoto, S.(2014). Effects of curcumin supplementation on exercise-induced oxidative stress in humans. *International journal of sports medicine*, 35(06), 469-475.
- Tipbunjong, C., Sookbangnop, P., Ajavakom, V., Suksamrarn, A., Kitiyanant, Y., & Pholpramool, C.(2018). Synthetic curcuminoid analogues abrogate oxidationinduced cell death and promote myogenic differentiation of C2C12 mouse myoblasts. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 17(8), 1483-1489.
- Urso, M. L., & Clarkson, P. M.(2003). Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology*, 189(1-2), 41-54.
- Vallabhapurapu, S., & Karin, M.(2009). Regulation and function of NF- $\kappa$ B transcription factors in the immune system. *Annual review of immunology*, 27, 693-733.
- Vilhardt, F. (2005). Microglia: phagocyte and glia cell. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 37(1), 17-21.
- Weber, W. M., Hunsaker, L. A., Roybal, C. N., Bobrovnikova-Marjon, E. V., Abcouwer, S. F., Royer, R. E., Deck, L. M., & Vander Jagt, D. L.(2006). Activation of NF- $\kappa$ B is inhibited by curcumin and related enones. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 14(7), 2450-2461.
- Weisberg, S. P., Leibel, R., & Tortoriello, D. V.(2008). Dietary curcumin significantly improves obesity-associated inflammation and diabetes in mouse models of diabetes. *Endocrinology*, 149(7), 3549-3558.
- Yamamoto, Y.(2001). Role of active oxygen species and antioxidants in photoaging. *Journal of dermatological science*, 27, 1-4.
- Yue, G. G., Chan, B. C., Hon, P. M., Kennelly, E. J., Yeung, S. K., Cassileth, B. R., Fung, K. P., Leung, P. C., & Lau, C. B.(2010). Immunostimulatory activities of polysaccharide extract isolated from *Curcuma longa*. *International journal of biological macromolecules*, 47(3), 342-347.
- Zhang, Z. B., Luo, D. D., Xie, J. H., Xian, Y. F., Lai, Z. Q., Liu, Y. H., Chen, J. N., Lai, X. P., Lin, Z. X., & Su, Z. R.(2018). Curcumin's metabolites, tetrahydrocurcumin and octahydrocurcumin, possess superior anti-inflammatory effects in vivo through suppression of TAK1-NF- $\kappa$ B pathway. *Frontiers in pharmacology*, 9, 1181.
- Ziccardi, P., Nappo, F., Giugliano, G., Esposito, K., Marfella, R., Cioffi, M., D'Andrea, F., Molinari, A. M., & Giugliano, D.(2002). Reduction of inflammatory cytokine concentrations and improvement of endothelial functions in obese women after weight loss over one year. *Circulation*, 105(7), 804-809.