

커큐민 섭취가 운동 형태에 따른 혈중 염증반응, 산화적 스트레스, 근력개선 및 운동수행력에 미치는 효과

The effect of curcumin supplementation on the inflammatory responses, oxidation stress, muscle strength improvement, performance of adults with exercise types

박노환(한국체육대학교 강사)*

Noh-hwan Park Korea National Sport Univ, Instructor*

요약

본 연구는 지구성 및 저항성 종목의 일반인을 대상으로 훈련 기간 동안 커큐민을 섭취시켜 훈련 전·후에 나타나는 조직에서의 염증, 산화적 스트레스, 근력개선 및 운동수행력에 미치는 효과를 알아보기 위한 목적으로 진행되었다. 이러한 목적에 따라 만 20세 이상 만 39세 이하의 건강하고 정상적인 신체활동이 가능한 자를 모집단으로 설정 후 온라인과 오프라인을 통해 유목적 표집법을 이용하여 대상자를 선발하였다. 무작위배정으로 시험군 및 대조군을 편성 후 각 집단별 커큐민 섭취군과 대조군을 구분한 뒤 5주간 연구를 진행하였다. 자료처리는 SPSS 23.0을 이용하여 결과를 분석하였으며 집단 및 처치기간에 따라 각 항목을 two-way(2RG × 2RM) ANOVA를 적용하여 분석하였다. 이러한 절차에 따라 도출된 결과는 다음과 같다. 첫째, 커큐민 섭취에 따른 훈련 전·후 신체조성의 변화에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 둘째, 커큐민 섭취에 따른 훈련 전·후 혈중 염종의 변화에서 $\text{TNF-}\alpha$, IL-6 분석결과 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 셋째, 커큐민 섭취에 따른 훈련 전·후 산화 스트레스의 변화를 분석한 결과 SOD에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 넷째, 커큐민 섭취에 따른 훈련 전·후 허리 근력의 변화 결과 $30^\circ/\text{sec}$ 허리 신전력 및 굴근력에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 다섯째, 커큐민 섭취에 따른 훈련 전·후 지구성 종목의 운동수행능력 변화에서 최대산소섭취량과 운동지속시간에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 지구성 및 저항성 종목 훈련 시 커큐민의 섭취를 통해 혈중 염증반응 개선, 산화 스트레스, 근력개선 및 운동수행력 향상에 도움을 줄 것으로 판단된다.

주요어: 훈련, 염증반응, 산화적 스트레스, 운동수행능력

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of ingestion of curcumin on inflammation, oxidative stress, muscle strength improvement, and exercise performance in tissues before and after training for general subjects in endurance and resistance sports. For this purpose, healthy and normal physical activity was set as the population between the ages of 20 and 39, and the subjects were selected using the nomadic sampling method through online and offline. After organizing a test group and a control group by randomization, the curcumin intake group and the control group were separated for each group, and the study was conducted for 5 weeks. For data processing, the results were analyzed using SPSS 23.0, and each item was analyzed by applying two-way (2RG × 2RM) ANOVA according to the group and treatment period. The results obtained according to these procedures are as follows. First, there was no statistically significant difference in body composition changes before and after training according to curcumin intake. Second, $\text{TNF-}\alpha$ and IL-6 analysis showed a statistically significant difference in the changes in blood inflammation before and after training according to curcumin intake. Third, as a result of analyzing the change in oxidative stress before and after training according to curcumin intake, a statistically significant difference was found in SOD. Fourth, as a result of the change in waist strength before and after training according to curcumin intake, statistically significant differences were found in $30^\circ/\text{sec}$ waist extension and flexion strength. Fifth, there were statistically significant differences in the maximum oxygen intake and exercise duration in the exercise performance change of endurance events before and after training according to curcumin intake. These results are expected to help improve blood inflammatory response, oxidative stress, muscle strength, and exercise performance through intake of curcumin during endurance and resistance training.

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

1. 서론

현대 과학의 발달로 소득수준의 증가와 삶의 질 상승으로 이어지고 있으나 생활습관병 발병율의 증가, 스트레스 및 고령화 사회라는 또 다른 문제에 직면해 있다. 이러한 문제를 해결하고자 식이, 약물, 운동 또는 복합적인 효과에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있으며, 특히 건강한 삶에 대한 관심의 증가는 규칙적인 운동 참여의 중요성을 더욱 강조하고 있다(김창균, 이진석, 2017). 규칙적인 운동의 효과로 신체구성의 개선과 체력 증진, 뇌기능 발달 뿐만 아니라(Bouchard et al, 2012; 김창균, 이진석, 2016), 심혈관계 개선과 생활습관병 발병 지연 및 예방에도 긍정적인 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있다(Frank et al, 2005).

주요 운동 형태로 유산소성운동과 저항성운동을 들 수 있으며 목적에 따라 구분하여 처리된다. 유산소성운동은 체지방 감량을 위해 주로 선호되고 있는 운동형태로 체지방을 직접 연소시켜 지방 대사를 활성화시킴으로써 혈중지질의 개선과 심폐기능 향상에 효과적이며 체중관리에 권장되는 운동방법으로 알려져 있다(Mann, Beedie, Jimenez, 2014). 그리고 저항성운동은 건강증진 및 신체활성을 위한 매우 효과적인 방법으로 근육의 수축과 이완을 통해 골격근량의 증가와 노화에 따른 근 손실, 기초대사량의 감소를 예방하며 지방분해능력, 에너지 소비를 뿐만 아니라 체지방 조직의 증가를 통해 혈중지질 및 신체조성에 긍정적인 역할을 하는 것으로 보고 되고 있다(김경태, 이기혁, 2020; Maltais et al, 2016). 그러나 장기간의 운동으로 인한 누적된 근피로는 근신경계통의 운동수행력 저하로 이어짐에 따라 효율적인 영양소 섭취와 더불어 운동수행력 향상을 위한 식이보충제의 수요가 늘어나고 있다(최정화, 제유진, 2015).

식이보충제는 체력을 보충하기 위하여 식사 이외에 추가적으로 섭취하는 영양 식품으로 주로 전문 운동선수나 동호회를 중심으로 훈련 및 경기 시 근육피로, 중추신경, 에너지대사, 생리적 기능 개선 및 면역질환 등의 긍정적인 효과를 얻기 위한 목적으로 소비를 이루고 있다(Erdman, Fung, & Reimer, 2006; Sundgot-Borgen, Berglund, & Torstveit, 2003). 특히 운동선수들의 주요 식이보충제로는 도핑에 안전하며, 일반인들도 많이 찾고 있는 비타민(multi-vitamin), 단백질(protein), 아미노산(amino acid), 미네랄(mineral), 크레아틴(creatine), 파우더 및 천연물질이 소비의 중심이 되고 있으며(Kim, Lee, Kim, Ki, Yoon, & Lee, 2011; Tian, Ong, & Tan, 2009), 이중 최근 건강기능식품 및 식이보충제의 천연소재로 커큐민(Curcumin 또는 Differuloylmethane)이 주목받고 있다. 커큐민은 울금(Turmeric, Curcuma longa, C. longa) 뿌리로 알려진 curcuma 식물 뿌리 추출물로서 노란색을 내며 음식 준비에 풍미를 더하는 향신료의 주성분으로, 주로 남아시아와 동남아시아의 열대 지역 등지에서 재배되고 있다(Nicol, Rowlands, Fazakerly, & Kellett, 2015). 다수의 연구를 통하여 커큐민은 향신료의 범주를 벗어나 항염(Karimian, Pirro, Majeed, & Sahebkar, 2017), 항산화(Sahebkar, Serban, Ursoniu, & Banach, 2015), 간 보호 작용(Panahi, Kianpour, Mohtashami, Jafari, Simental-Mendia, &

Sahebkar, 2017), 지질변형 및 항암(Campbell, & Fleenor, 2018) 등의 기능성이 매우 뛰어난 천연소재임이 밝혀졌다.

Hewings과 Kalman(2017)의 연구에서 커큐민 유도체들이 mRNA와 단백질 수준에서 염증과 세포 외 기질 분해와 관련한 염증효소를 차단(Tunstall, Sharma, Perkins, Sale, Singh, Farmer, & Gescher, 2006)하고 NF- κ B(Nuclear factor kappa B) 활성화를 억제하며 염증을 관여하는 효소인 Cyclooxygenase(COX)와 Lipoxygenase(LOX)의 활성을 억제하는 것으로 밝혀졌다. 또한 Kang, Lee, Price, 및 Kim(2009)의 연구에서 커큐민은 NrF2(nuclear factor erythroid 2 related factor 2)의 활성화를 통해 산화 방지를 증가시킴으로써 NF- κ B와 COX-2(cyclooxygenase-2)의 발현을 감소시키는 것으로 보아 커큐민은 사이토카인 및 산화 염증을 효과적으로 억제하는 기능을 가질 것으로 보여진다.

염증은 감염이나 조직의 손상, 바이러스, 박테리아와 같은 외부 물질이 체내로 유입 시 나타나며 통증, 발열, 충혈 등 인체에 다양한 질병 또는 상해가 발생할 경우 염증과정을 동반(Fontes, Pinheiro, de Oliveira, de Medeiros Oliveira, Lajus, & Agnez-Lima, 2015)하는데 당뇨, 노화, 비만, 퇴행성 뇌질환, 대사증후군, 암 발생 등과도 매우 밀접한 관계가 있다(Dubois, 2015). 그리고 외부물질의 감염 이외에 격렬한 운동을 통한 과도한 근수축과 이완 과정에서 발생하는 근 손상 과정에서도 염증이 발생된다(박승한, 류호상, 권영우, 2011; Close, Ashton, McArdle, & MacLaren, 2005). 격렬한 운동에 의한 근 손상은 혈중으로 CPK(Creatine Phosphokinase)가 방출되어 혈중 CPK 농도를 증가시켜 감염 또는 외상과 같은 반응을 유발하며 이때 활성화된 백혈구는 염증반응에 관여하는 세포를 자극하여 사이토카인(Cytokine) 분비 및 단백질의 농도를 증가시킨다(Chen & Nuñez, 2010). 즉, 과도하거나 격렬한 운동은 인체에 스트레스로 작용되어 TNF- α (Tumor necrosis factor-alpha)를 생성하게 되며, 활성산소종의 세포사멸을 일으키는 TNF-receptor 1에 결합하여 NF- κ B(nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated b cells)를 활성화시켜 산화스트레스에 대응하게 되는 유전자 발현을 유도하는 세포의 신호전달에 부정적인 영향을 미치게 된다(Vallabhapurapu & Karin, 2009). 또한, 면역 매개 염증반응의 핵심적인 역할을 담당하는 수송 단백질인 IL-6(Interleukin-6)는 사이토카인의 일종으로서 골격근의 수축 시 활성화가 되어 항염증, 면역 및 대사 기능에 중요한 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(Glund, Deshmukh, Long, Moller, Koistinen, Caidahl, Zierath, & Krook, 2007; Petersen, & Pedersen, 2005).

인체는 선천적으로 세포의 손상을 방지하여 유리기(Free radical)에 의한 산화스트레스에 대항하는 항산화 체계를 가지고 있다. 그러나 운동 시에는 유리기와 활성산소(Reactive Oxygen Species)의 생성이 증가되어 골격근과 기타 다른 조직에서의 산화 스트레스(Oxidative Stress)를 촉진시키며, 근 손상 및 운동 수행력에 부정적인 영향을 미치게 된다(Braakhuis, & Hopkins, 2015; Gomez-Cabrera, Salvador-Pascual, Cabo, Ferrando, & Viña, 2015; Powers, Radak, & Ji, 2016), 이는 활동 근육에 많은 산소가 공급되며, 이에 따른

산소 대사과정에서 근육막 불포화지방산의 손상으로 근육 수축의 제한과 피로를 유발시키는 지질과산화물의 최종산물인 MDA(Malondialdehyde)가 증가하게 된다(Urso & Clarkson, 2003). 그러므로 운동 후 나타나는 염증반응을 효과적으로 통제하는 한편 적절한 영양섭취를 통해 회복에 따른 신체 스트레스 감소 및 체력 향상을 가져오는 것은 중요한 전략이라 할 수 있다.

운동 후 산화스트레스에 의한 염증반응이나 근 손상에 대한 커큐민의 역할을 규명한 연구에 따르면 커큐민은 강도 높은 운동 후 나타나는 산화스트레스 수준을 낮추며(Takahashi, Suzuki, Kim, Otsuka, Imaizumi, Miyashita, & Sakamoto, 2014), 급성염증이나 근 손상에 의한 근력의 약화 및 빠른 회복을 촉진하는 것으로 나타났다(Hamidie, Yamada, Ishizawa, Saito, & Masuda, 2015). 그러나 이러한 커큐민의 기능성에도 불구하고 유산소성 및 저항성 운동 시 염증반응에 대한 커큐민의 기여도를 규명한 연구는 부족한 것이 사실이다. 이에 따라 본 연구에서는 유산소성 및 저항성 운동집단을 대상으로 운동 후 발생하는 산화스트레스에 의한 염증 및 피로 회복에 대한 커큐민의 기능성을 규명하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 참여한 대상자는 만 20세 이상 만 39세 이하의 건강하고 정상적인 신체활동이 가능한 자로 설정한 다음 온라인과 오프라인을 통한 유목적 표집법(purposeful sampling)을 이용하여 대상자를 선발하였다.

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±12.99(M±SD)	$n_c = km_1, \quad n_t = \frac{(z_{\alpha/2} + z_\beta)^2 \sigma^2 (1 + 1/k)}{(\mu_1 - \mu_c)^2}$
대조군	1.42±6.65(M±SD)	

연구대상자를 추출한 결과 최소 군 당 4명, 이탈율 20%를 고려하여 집단 별 5명 이상이 산출되었다. 그러나 본 연구에서는 지구성 종목 및 저항성 운동을 실시하고 있는 대상자를 준거로 이원화하여 연구가 진행되기 때문에 지구성 종목과 저항성 종목 별 실험군 및 대조군 5명 씩, 총 20명으로 편성하였다.

표 2. 집단 별 배정 비율 및 인원 수

지구성 종목 (1:1)		저항성 종목 (1:1)	
커큐민섭취군 (EC)	대조군 (EN)	커큐민섭취군 (RC)	대조군 (RN)
5명	5명	5명	5명

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

2. 연구설계 및 절차

본 연구의 설계는 무작위 배정된 대상자를 5주간 비교연구를 진행하였으며, 연구에 지원한 대상자가 본 연구에 대해 충분히 이해하고 자의에 의한 참여를 서면으로 동의한 대상자에 한하여 선정기준에 적합하고 제외기준에 해당되지 않는 대상자를 실험군 및 대조군에 1:1 무작위 배정을 하였으며, 무작위로 배정된 대상자는 시험용 식품에 대한 섭취 방법 고지와 함께 식품을 배부하였다.

연구절차는 <그림 1>과 같다.

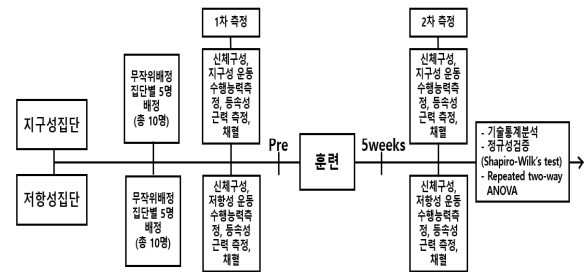


그림 1. 연구절차

3. 측정방법

1) 시험용 식품 및 섭취방법

본 연구에 사용한 강황(커큐민)추출물은 식품의약품안전처에서 건강기능식품 개별인정형으로 승인한 원료를 사용하였다. 이때 사용한 강황추출물의 지표성분인 curcumin은 400mg/g을 사용하였다.

본 연구에 참여한 모든 대상자는 시험용 식품을 1일 1회, 1회 1캡슐 총 250mg을 복용하였으며, 대상자의 시험/대조군에서 5주간 식품 섭취하였다.

2) 신체구성

연구대상자들은 실험 전 신체구성을 측정하였다. 측정 12시간

전까지 식사와 운동은 금한 후, 운동복 착용한 상태로 자동신장체 중 측정기(TANITA, TAKEI co., Japan)와 생체전기저항측정기(Inbody 770, Biospace co., Korea)를 사용하여 신체구성을 측정하였다. 신체구성 변인으로 체중(kg), 골격근량(kg), 체지방률(%)을 산출하였다.

3) 지구성 집단 운동수행능력 측정

지구성 집단 운동수행능력은 훈련 기간 전·후로 측정하였으며, 트레드밀(Cosmed co, Roma, Italia)을 이용한 호흡가스분석(Quark b2, Cosmed co., Roma Italia)을 통해 평가하였다. 측정 결과는 운동 강도 산출을 위한 근거로 활용하였으며, 호흡 가스 분석 전, 공복 상태에서 가벼운 옷차림을 한 후 가스마스크와 심박수 측정기를 착용 후 점증적 부하방법인 Bruce protocol을 적용하였다.

4) 저항성 집단 운동수행능력 측정

(1) 1RM 측정

저항성 집단 운동수행능력은 직접측정방법(Kraemer et al., 1999)으로 1RM을 측정하였다. 대상자가 5~10회 반복할 수 있는 중량으로 워밍업을 실시 후 1분간 휴식 이후에 5~10kg을 중량을 증가하여 3~5회 실시하도록 하며 2~4분간 휴식을 취하도록 하였다. 이와 같이 대상자가 성공하게 되면 중량을 증가시키고, 실패 시 2.5~5kg 감소시키도록 하여 대상자가 정확한 동작으로 1회 성공 시까지 운동부하를 계속 증가 혹은 감소시키며 측정을 실시하였다.

(2) Back Squat 측정

대상자가 닫힌 회내 그립으로 바의 위치에 따라 발을 평행하게 위치하면서 폭을 조정하여 잡고 바를 목 또는 어깨 부분에 놓게 하며 가슴을 펴고 앞으로 내민 상태에서 머리를 약간 세운 후 보조자의 신호에 따라 움직이도록 하였다. 이 때 둔부와 무릎을 신전시키면서 바를 들어 올려 한 두 스텝정도 뒤로 움직인 뒤 발가락은 정면을 향하고 발을 어깨 넓이로 벌리게 하였다. 내리는 동작에서 허리를 세우고 팔꿈치는 높게, 가슴은 앞으로 내미는 자세를 유지하고 몸통을 약간 구부려 둔부와 무릎을 약간 구부리게 한 후 몸통과 등을 구부린 뒤 앉게 하였으며, 대퇴부가 바닥과 평행할 때까지 둔부와 무릎을 신전하도록 하였다. 일어서는 동작에서 허리는 세우고 앞꿈치는 높게, 가슴은 앞으로 내미는 자세로 둔부와 무릎을 신전시키고, 바닥에 발뒤꿈치를 대며 무릎을 발등 위로 배럴하였다. 이 때 몸통과 등을 구부리고 앉으며 시작 자세가 될 때까지 둔부와 무릎을 계속 신전하였다.

(3) Bench Press 측정

대상자가 벤치에 누운 상태에서 발은 바닥에 붙이고, 머리 어깨, 엉덩이를 벤치에 밀착시키고 바는 엄지손가락을 말아 닫힌 오버핸드 그립으로 노멀 그립(normal grip)으로 잡은 후 자연스럽게 만곡을 유지하도록 하였다. 바를 올릴 때 숨을 마시며 빗장뼈에서 젖꼭지 사이 바가 가슴에 닿기 직전까지 내리며, 팔꿈치와 어깨가

일직선을 이루도록 하였다. 이 때 반동 없이 바를 다시 올려 팔꿈치가 신전되도록 하며, 스틱킹 포인트(sticking point : 가장 힘든 지점)를 통과한 후 숨을 내쉬도록 하였다.

4) 등속성 근력 측정

측정 전 대상자들에게 실험의 목적과 검사 방법을 충분히 설명한 후 등속성 근력 측정 장비인 Humac NORM(CSMi Co., USA)을 이용하여 허리관절(Trunk joint)을 측정하였다. 측정은 허리관절의 신전과 굴곡에 대해 부하속도 30°/sec 5회, 90°/sec 5회를 실시하였으며, 정확한 검사를 위해 측정 전 2회 연습을 실시한 다음 검사에 대한 단계를 적용하였다. 또한, 측정 시 최대근력을 발휘하도록 피험자에게 구두로 독려하였다.

5) 채혈 및 혈액분석 방법

본 연구에 참여한 대상자는 운동 직후 혈액 샘플을 채취하였다. 혈액샘플 채취를 위해 최소 12시간의 공복상태를 유지하도록 통제하였으며, 상완주정맥에서 1회용 주사기를 사용하여 12ml의 혈액을 채취하여 SST(serum separator tube), EDTA(ethylene diamine tetraacetic acid)가 처리된 진공 채혈관 튜브를 사용하여 혈액을 담고, 채혈 직후 3,000rpm으로 15~20분간 원심분리하여 -80°C에서 deep freezer에 냉동 보관하였다. 냉동 보관된 혈액은 N사에 의뢰하여 혈액 성분을 분석하였다.

4. 훈련프로그램

본 연구에서의 5주간의 훈련프로그램은 <표 3>과 같다.

5. 자료처리 및 평가방법

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

III. 연구결과

1. 커큐민 섭취에 따른 신체조성의 변화

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

체중을 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정(66.54 ± 4.25 kg) 이후 사후측정(65.15 ± 5.84 kg)에서 감소하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서는 소폭 증가하였지만, 커큐민 처치에 따른 상호작용효과는 나타나지 않았다. 또한, RC 집단에서는 사전측정(77.18 ± 8.29 kg) 이후 사후측정(75.01 ± 7.88 kg)에서 감소하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서는 소폭 증가하였지만, 커큐민 처치에 따른 상호작용효과는 나타나지 않았다.

골격근량을 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정($31.56 \pm 4.28\text{kg}$) 이후 사후측정($32.01 \pm 5.56\text{kg}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서는 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과는 나타나지 않았다.

또한, RC 집단에서는 사전측정($42.14 \pm 6.85\text{kg}$) 이후 사후측정($43.28 \pm 7.72\text{kg}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서는 감소하였으나, 커큐민 처치에 따른 상호작용효과는 나타나지 않았다.

표 3. 훈련 프로그램

구분	종목	운동방법	
		1~2주차	3~5주차
월, 목	■ 상체	W/T 운동방법	W/T 운동방법
	- Bench press - Power clean - Standing press - Wide-grip rear lat pull-down - Good morning & Hyperextension - Sit up & 턱걸이	- 부하 : 50~60% - 운동종목 수 : 8개 - 세트간 반복횟수 : 10~15회 - 종목당 세트 수 : 3~5세트 - 종목간 휴식인터벌 : 2~3분 - 세트간 휴식인터벌 : 1~2분	- 부하 : 60~70% - 운동종목 수 : 8개 - 세트간 반복횟수 : 8~12회 - 종목당 세트 수 : 3~5세트 - 종목간 휴식인터벌 : 3~5분 - 세트간 휴식인터벌 : 1~3분
화, 금	■ 하체	W/T 운동방법	W/T 운동방법
	- Dead lift - Squat - Dip stand leg raise - Leg curl & Extension - Power jerk - Walking Lunge	- 부하 : 50~60% - 운동종목 수 : 7개 - 세트간 반복횟수 : 10~15회 - 종목당 세트 수 : 3~5세트 - 종목간 휴식인터벌 : 2~3분 - 세트간 휴식인터벌 : 1~2분	- 부하 : 60~70% - 운동종목 수 : 7개 - 세트간 반복횟수 : 8~12회 - 종목당 세트 수 : 3~5세트 - 종목간 휴식인터벌 : 3~5분 - 세트간 휴식인터벌 : 1~3분

표 4. 커큐민 섭취에 따른 신체조성의 변화

항목	집단	검사		$\Delta\%$	p	
		사전	사후			
체중 (kg)	EC	66.54 \pm 4.25	65.15 \pm 5.84	-1.39	집단	0.465
	EN	68.21 \pm 5.11	68.34 \pm 5.64	0.13	시기	0.540
	RC	77.18 \pm 8.29	75.01 \pm 7.88	-2.17	집단 \times 시기	0.462
	RN	75.42 \pm 7.28	74.88 \pm 7.92	-0.54	집단	0.853
골격근량 (kg)	EC	31.56 \pm 4.28	32.01 \pm 5.56	0.45	시기	0.037
	EN	32.32 \pm 5.98	32.00 \pm 6.18	-0.32	집단 \times 시기	0.171
	RC	42.14 \pm 6.85	43.28 \pm 7.72	1.14	집단	0.917
	RN	41.02 \pm 8.21	40.51 \pm 6.84	-0.51	시기	0.881
체지방율 (%)	EC	16.55 \pm 3.68	15.82 \pm 3.89	-0.73	집단 \times 시기	0.388
	EN	16.95 \pm 4.21	17.08 \pm 3.42	0.13	집단	0.688
	RC	23.22 \pm 4.98	22.07 \pm 6.23	-1.15	시기	0.599
	RN	23.68 \pm 4.25	23.52 \pm 5.18	-0.16	집단 \times 시기	0.190
					집단	0.737
					시기	0.391
					집단 \times 시기	0.230
					집단	0.778
					시기	0.119
					집단 \times 시기	0.224

- EC : 지구성 커큐민 섭취 집단, EN : 지구성 대조 집단, RC : 저항성 커큐민 섭취 집단, RN : 저항성 대조 집단

* $p<0.05$: 사전·사후검사 간의 차이가 유의, + $p<0.05$: 주효과 또는 상호작용이 유의

표 5. 커큐민 섭취에 따른 혈중 염증반응의 변화

항목	집단	검사		$\Delta\%$	p	
		사전	사후			
TNF- α (pg/ml)	EC	1.44 \pm 0.31	1.38 \pm 0.35	-0.06	집단	0.546
	EN	1.24 \pm 0.38	1.29 \pm 0.41	0.05	시기	0.750
	RC	1.56 \pm 0.32	1.35 \pm 0.26	-0.21	집단 \times 시기	0.007
	RN	1.39 \pm 0.32	1.43 \pm 0.46	0.04	집단	0.831
IL-6 (pg/ml)	EC	1.75 \pm 0.81	1.12 \pm 0.55	-0.63	시기	0.044
	EN	1.38 \pm 0.52	1.26 \pm 0.71	-0.12	집단 \times 시기	0.008
	RC	1.95 \pm 0.97	1.25 \pm 0.62	-0.70	집단	0.786
	RN	1.40 \pm 0.86	1.18 \pm 0.61	-0.22	시기	0.001
CK (U/L)	EC	198.35 \pm 35.15	187.55 \pm 32.25	-10.80	집단 \times 시기	0.010
	EN	191.38 \pm 46.20	184.22 \pm 38.51	-7.16	집단	0.506
	RC	202.27 \pm 47.22	195.29 \pm 51.58	-6.98	시기	0.063
	RN	205.11 \pm 56.28	190.25 \pm 6.68	-14.86	집단 \times 시기	0.293
					집단	0.836
					시기	0.014
					집단 \times 시기	0.542
					집단	0.973
					시기	0.022
					집단 \times 시기	0.337

- EC : 지구성 커큐민 섭취 집단, EN : 지구성 대조 집단, RC : 저항성 커큐민 섭취 집단, RN : 저항성 대조 집단

* $p<0.05$: 사전·사후검사 간의 차이가 유의, + $p<0.05$: 주효과 또는 상호작용이 유의

체지방율을 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정($16.55 \pm 3.68\%$) 이후 사후측정($15.82 \pm 3.89\%$)에서 감소하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서는 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 또한, RC 집단에서는 사전측정($23.22 \pm 4.98\%$) 이후 사후측정($22.07 \pm 6.23\%$)에서 감소하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서도 소폭 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

2. 커큐민 섭취에 따른 혈중 염증반응의 변화

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

TNF- α 를 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정($1.38 \pm 0.35\text{pg/ml}$) 이후 사후측정($1.44 \pm 0.31\text{pg/ml}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서는 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$). 또한, RC 집단에서는 사전측정($1.35 \pm 0.26\text{pg/ml}$) 이후 사후측정($1.56 \pm 0.32\text{pg/ml}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서는 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$).

IL-6을 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정($1.12 \pm 0.55\text{pg/ml}$) 이후 사후측정($1.75 \pm 0.81\text{pg/ml}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$). 또한, RC 집단에서는 사전측정($1.25 \pm 0.62\text{pg/ml}$) 이후 사후측정($1.95 \pm 0.97\text{pg/ml}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

CK를 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정($187.55 \pm 32.25\text{U/L}$) 이후 사후측정($198.35 \pm 35.15\text{U/L}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 또한, RC 집단에서는 사전측정(195.29

$\pm 51.58\text{U/L}$) 이후 사후측정($202.27 \pm 47.22\text{U/L}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

3. 커큐민 섭취에 따른 산화 스트레스의 변화

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

SOD를 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정($0.35 \pm 0.10\text{U/mL}$) 이후 사후측정($0.36 \pm 0.14\text{U/mL}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서는 소폭 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$). 또한, RC 집단에서는 사전측정($0.34 \pm 0.09\text{U/mL}$) 이후 사후측정($0.43 \pm 0.16\text{U/mL}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

MDA를 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정($2.20 \pm 0.84\mu\text{mol/L}$) 이후 사후측정($2.18 \pm 0.68\mu\text{mol/L}$)에서 감소하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서는 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한, RC 집단에서는 사전측정($2.26 \pm 0.95\mu\text{mol/L}$) 이후 사후측정($2.28 \pm 0.59\mu\text{mol/L}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서는 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

GPX를 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정($152.25 \pm 23.28\text{nmol/min/ml}$) 이후 사후측정($161.84 \pm 19.66\text{nmol/min/ml}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한, RC 집단에서는 사전측정($154.31 \pm 19.89\text{nmol/min/ml}$) 이후 사후측정($159.97 \pm 26.37\text{nmol/min/ml}$)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민

표 6. 커큐민 섭취에 따른 산화 스트레스의 변화

항목	집단	검사			$\Delta\%$		p
		사전	사후				
SOD (U/mL)	EC	0.35 ± 0.10	0.41 ± 0.08	*	0.06	집단	0.724
	EN	0.36 ± 0.14	0.35 ± 0.11		-0.01	시기	0.080
						집단×시기	0.023
							+
MDA ($\mu\text{mol/L}$)	RC	0.34 ± 0.09	0.43 ± 0.16		0.09	집단	0.502
	RN	0.33 ± 0.12	0.34 ± 0.08		0.01	시기	0.035
						집단×시기	0.077
							+
	EC	2.20 ± 0.84	2.18 ± 0.68		-0.02	집단	0.890
	EN	2.11 ± 0.77	2.13 ± 0.82		0.02	시기	0.984
						집단×시기	0.641
	RC	2.26 ± 0.95	2.28 ± 0.59		0.02	집단	0.858
	RN	2.22 ± 0.75	2.15 ± 0.62		-0.07	시기	0.801
						집단×시기	0.652
GPX (nmol/min/ml)	EC	152.25 ± 23.28	161.84 ± 19.66	*	9.59	집단	0.671
	EN	161.33 ± 26.64	165.55 ± 22.36		4.22	시기	0.007
						집단×시기	0.198
							+
	RC	154.31 ± 19.89	159.97 ± 26.37		5.66	집단	0.947
	RN	156.09 ± 27.13	160.35 ± 25.74		4.26	시기	0.015
						집단×시기	0.676
							+

- EC : 지구성 커큐민 섭취 집단, EN : 지구성 대조 집단, RC : 저항성 커큐민 섭취 집단, RN : 저항성 대조 집단

* $p < 0.05$: 사전·사후검사 간의 차이가 유의, + $p < 0.05$: 주효과 또는 상호작용이 유의

처치에 따른 상호작용효과에서 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.

30°/sec 허리 신전력을 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정(256.25±58.29) 이후 사후측정(293.33±61.46)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$). 또한, RC 집단에서는 사전측정(300.55±46.38) 이후 사후측정(331.95±58.44)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

30°/sec 허리 굴근력을 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정(212.24±50.71) 이후 사후측정(231.06±48.10)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서는 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$). 또한, RC 집단에서는 사전측정(253.19±35.29) 이후 사후측정(267.25±42.99)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$).

90°/sec 허리 신전력을 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정(325.23±54.81) 이후 사후측정(330.64±61.22)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

다. 또한, RC 집단에서는 사전측정(426.56±36.51) 이후 사후측정(441.52±53.96)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

90°/sec 허리 굴근력을 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정(251.28±58.60) 이후 사후측정(267.23±70.25)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서도 소폭 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한, RC 집단에서는 사전측정(342.55±46.68) 이후 사후측정(349.15±39.22)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

5. 커큐민 섭취에 따른 지구성 종목의 운동수행능력 변화

5주간 커큐민 섭취에 따른 지구성 종목의 운동수행능력 변화를 검증한 결과는 <표 8>과 같다.

Vo2max를 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정(48.61±3.95ml/kg-1/min-1) 이후 사후측정(50.26±4.33ml/kg-1/min-1)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서는 소폭 감소하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$).

HRmax를 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정(180.62±8.38 beat/min) 이후 사후측정(183.96±9.10beat/min)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서는 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

표 7. 커큐민 섭취에 따른 등속성 허리 신전력 및 굴근력의 변화

항목	집단	검사			Δ%		p	
		사전	사후					
30°/sec 허리 신전력 (%BW)	EC	256.25±58.29	293.33±61.46	*	37.08	집단	0.760	
	EN	284.66±68.11	288.08±46.76		3.42	시기	0.031	+
	RC	300.55±46.38	331.95±58.44	*	31.40	집단×시기	0.042	+
	RN	291.64±71.69	304.40±51.36		12.76	시기	0.627	
30°/sec 허리 굴근력 (%BW)	EC	212.24±50.71	231.06±48.10	*	19.09	집단	0.733	
	EN	231.33±55.51	233.97±37.32		2.91	시기	0.017	+
	RC	253.19±35.29	267.25±42.99	*	14.06	집단×시기	0.047	+
	RN	256.22±43.39	258.10±38.61		1.88	시기	0.907	+
90°/sec 허리 신전력 (%BW)	EC	325.23±54.81	330.64±61.22		5.41	집단	0.898	
	EN	330.25±44.12	334.66±57.42		4.41	시기	0.296	
	RC	426.56±36.51	441.52±53.96		14.96	집단×시기	0.912	
	RN	433.57±61.25	434.88±45.30		1.31	시기	0.995	
90°/sec 허리 굴근력 (%BW)	EC	251.28±58.60	267.23±70.25		15.95	집단	0.178	
	EN	254.66±63.28	255.28±43.55		0.62	시기	0.251	
	RC	342.55±46.68	349.15±39.22		6.60	집단×시기	0.911	
	RN	333.69±63.38	337.19±48.57		3.50	시기	0.207	
						시기	0.240	
						시기	0.750	
						시기	0.232	
						시기	0.702	

- EC : 지구성 커큐민 섭취 집단, EN : 지구성 대조 집단, RC : 저항성 커큐민 섭취 집단, RN : 저항성 대조 집단

* $p<0.05$: 사전·사후검사 간의 차이가 유의, + $p<0.05$: 주효과 또는 상호작용이 유의

표 8. 커큐민 섭취에 따른 지구성 종목의 운동수행능력 변화

항목	집단	검사			$\Delta\%$		p
		사전	사후				
VO ₂ max (ml/kg-1/min-1)	EC	48.61±3.95	50.26±4.33	*	2.65	집단	0.273
	EN	46.59±4.86	46.08±3.86		-0.39	시기	0.002
						집단×시기	0.010 +
HRmax (beat/min)	EC	180.62±8.38	183.96±9.10	*	3.34	집단	0.626
	EN	178.82±9.33	180.26±7.52		1.44	시기	0.102
						집단×시기	0.119
VE(l/min)	EC	130.55±12.28	135.26±15.11	*	4.71	집단	0.768
	EN	128.63±14.28	132.00±12.08		3.37	시기	0.203
						집단×시기	0.516
Time(sec)	EC	735.28±64.64	802.77±52.29	*	67.49	집단	0.356
	EN	721.03±58.16	741.67±68.63	*	20.64	시기	0.100
						집단×시기	0.001 +

- EC : 지구성 커큐민 섭취 집단, EN : 지구성 대조 집단

* $p<0.05$: 사전·사후검사 간의 차이가 유의, + $p<0.05$: 주효과 또는 상호작용이 유의

표 9. 커큐민 섭취에 따른 저항성 종목의 운동수행능력 변화

항목	집단	검사			$\Delta\%$		p
		사전	사후				
1RM Back Squat(kg)	RC	107.23±15.68	117.85±19.08	*	10.62	집단	0.521
	RN	102.39±22.87	107.00±16.33		4.61	시기	0.103
						집단×시기	0.134
1RM Bench Press(kg)	RC	74.24±10.35	79.65±9.14	*	5.41	집단	0.706
	RN	72.98±8.41	76.21±10.17	*	3.23	시기	0.200
						집단×시기	0.132

- RC : 저항성 커큐민 섭취 집단, RN : 저항성 대조 집단

* $p<0.05$: 사전·사후검사 간의 차이가 유의, + $p<0.05$: 주효과 또는 상호작용이 유의

VE를 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정(130.55±12.28l/min) 이후 사후측정(135.26±15.11l/min)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Time을 분석한 결과 EC 집단에서는 사전측정(735.28±64.64sec) 이후 사후측정(802.77±52.29)에서 증가하는 경향이 나타났으며, EN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$).

6. 커큐민 섭취에 따른 저항성 종목의 운동수행능력 변화

5주간 커큐민 섭취에 따른 저항성 종목의 운동수행능력 변화를 검증한 결과는 <표 9>과 같다.

1RM Back Squat를 분석한 결과 RC 집단에서는 사전측정(107.23±15.68kg) 이후 사후측정(117.85±19.08kg)에서 증가하는 경향이 나타났으며, RN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

1RM Bench Press를 분석한 결과 RC 집단에서는 사전측정(74.24±10.35kg) 이후 사후측정(79.65±9.14kg)에서 증가하는 경향

이 나타났으며, RN 집단에서도 증가하였다. 이에 따른 커큐민 처치에 따른 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

IV. 논의

본 연구는 지구성 및 저항성 종목 대상자들을 5주간의 훈련 기간에 커큐민을 섭취시켜 훈련 기간 전·후의 신체조성, 조직에서의 염증, 산화적 스트레스, 등속성 능력 및 운동수행력에 미치는 효과를 분석한 연구결과에 대한 논의는 다음과 같다.

1. 신체조성의 변화

규칙적인 신체활동은 혈중 포도당 조절 및 골격근의 기능 감소를 최소화 할 수 있다. 선행연구에 따르면 커큐민의 지속적인 섭취로 인한 전 염증성 사이토카인(pro-inflammatory) 및 C-반응성 단백질(C-reactive proteins) 수준이 감소(Corbi, Carbone, Ziccardi, Giugliano, Marfella, Nappo, Paolisso, Esposito, & Giugliano, 2002) 됨에 따라 체중과 BMI를 현저히 감소시키며(Mousavi., Milajerdi,

Varkaneh, Gorjipour, & Esmailzadeh, 2020), 제지방량의 증가로 이어져 인슐린 저항 감소와 심혈관 건강 개선 효과(Ejaz, Wu, Kwan, & Meydani, 2009; Weisberg et al, 2008) 뿐만 아니라 기초대사율 및 사이토카인의 발현을 증가시켜 체중을 감소시킬 수 있음을 보고하였다(Alappat, & Awad, 2010).

본 연구에서 지구성 커큐민 섭취 집단(EC), 지구성 대조 집단(EN), 저항성 커큐민 섭취 집단(RC), 저항성 대조 집단(RN)의 각각 체중, 골격근량, 체지방량의 집단 간 및 집단 내 변화량을 분석한 결과에서 집단 내 체중의 RC 집단에서 유의한 변화가 나타났으며, 이러한 결과는 선행연구의 결과와 일치된 것으로 볼 수 있다. 또한, EC 집단과 RC 집단에서 체중의 감소와 골격근량이 증가한 것으로 나타났으며, 이는 커큐민 섭취로 인한 골격근 기능 향상에 기인한 것으로 예측할 수 있다.

2. 혈중 염증 반응의 변화

운동을 지속적으로 수행할 경우 대식세포(macrophage) 및 마이크로글리아(microglia) 세포의 활성화로 인한 염증인자가 증가되며(Nathan, 2002), 마이크로글리아 세포의 경우 염증 반응 시 항원표식작용(antigen presentation), 대식작용(phagocytosis), 사이토카인(cytokine) 등의 분비 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Vilhardt, 2005).

특히, 고강도 운동을 지속했을 경우 대식세포의 순환과정 중 많은 매개물질이 분비됨에 따라, 근 조직손상 및 감염으로 인한 염증성 사이토 카인의 증가로 이어져 결국 염증반응을 유도하는 것으로 알려져 있다(Banzet, Sanchez, Chapot, Bigard, Vaultont, & Koulmann, 2012; Pedersen, Steensberg, & Schjerling, 2001).

본 연구에서 5주간의 훈련 기간 동안 커큐민 섭취군인 EC 집단과 RC 집단의 집단 내 TNF- α , EC 집단에서의 IL-6 변화에서 통계적으로 유의한 차이가 나타난 것을 확인할 수 있었으며, TNF- α , IL-6의 상호작용효과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, EC 집단에서의 CK의 집단 간 변화량에서도 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

울금에서 추출한 다당류가 인간의 말초 혈액 단핵구에서 염증성 사이토카인인 TNF- α , IL-6 등의 분비를 조절하였으며(Yue et al, 2010), 커큐민이 인간의 대식세포에서 LPS(lipopolysaccharide)에 의해 유도된 TNF- α 의 생성을 감소시켰다고 보고하였다(Chan, 1995). 이러한 선행연구들은 커큐민이 전염증성 사이토카인의 분비를 조절한다는 근거를 뒷받침한다고 볼 수 있다.

3. 산화 스트레스의 변화

커큐민의 항산화 기능은 산화 스트레스에 따른 근육의 세포사멸 예방에 효과 및 근 감소 예방에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Tipbunjong, Sookbangnop, Ajavakom, Suksamram, Kitiyanant, & Pholpramool, 2018). 또한, 대표적인 커큐민의 효능으로 활성산소 소거능(free radical scavenger)과 항산화 효능이 보고되고 있다

(Strimpakos & Sharma, 2008).

SOD는 산소 유리기의 첫 번째 생성물로 과산화 음이온을 과산화수소로 전환하는 중요한 항산화 효소로서 산소에 노출되는 대부분의 세포에서 항산화방어작용을 하는 것으로 보고되고 있다(Tipbunjong et al, 2018). 운동 수행 시 과산화물질 생성이 증가하여 결국 산화 스트레스로 인체에 손상을 일으킬 수 있으므로 운동능력의 회복이 무엇보다 중요한 영향을 미치게 된다. 본 연구 결과 5주간의 훈련 기간 동안 커큐민 섭취 후 EC 집단의 집단 내 변화에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

MDA는 운동 시 인체 내 발생하는 활성산소가 세포막을 공격하여 불포화지방산이 산화됨으로써 과산화지질(lipid peroxidation)로 변하게 된다. 이때 세포 내 미토콘드리아의 산소 분압이 감소될 때 주로 형성됨으로써 세포막을 구성하는 효소와 수용기 기능이 손상되며, 세포 내 효소가 혈액 속으로 유출되는 세포투과성 변화로 인한 화학변화가 일어남으로써 이러한 지질과산화의 측정지표로 MDA가 사용되며(Urso & Clarkson, 2003), 이는 세포막의 구조와 기능을 변질시켜 세포 괴사가 일어나게 된다(Halliwell, 1994).

본 연구 결과에서 5주간의 훈련 기간 동안 커큐민 섭취 후 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

GPX는 지질과산화 반응을 일으키는데 있어 중요한 효소로 과산화수소를 물로, 글루타치온을 하이드로퍼옥시드로 환원되는 것을 촉매하는 역할을 한다(Powers & Lennon, 1999). 이는 세포 내 thiol과 GR(Glutathione Reduced)에 의해 이루어지며 글루타치온의 항상성 유지를 위한 중요한 역할을 하는 효소로 알려져 있다(Flohe, 1982; Sen et al., 1992). 본 연구에서 5주간의 훈련 기간 동안 커큐민 섭취 후 EC 집단의 집단 내 변화에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

이러한 결과는 Chang et al(2004)와 Shin et al(2008)의 연구에서 지구성 운동이 활성산소를 감소시켜 GPX, SOD 등 항산화능을 증가시킬 수 있다는 연구들과 일치하였다. 운동 지속 시 세포막의 불포화지방산과 과산화지질 반응이 촉진됨으로써 최종 산물인 MDA가 증가하게 됨으로써, 세포막의 변이가 일어나게 되는데, 본 연구결과에서 MDA는 EC 집단에서 감소되는 경향을 보이고 있어 커큐민의 페놀 성분이 활성산소의 반응을 억제하여 항산화 능력에 효과가 있는 것으로 예측할 수 있다.

4. 등속성 허리 신전력 및 굴근력의 변화

5주간의 훈련 기간 동안 커큐민을 섭취하여 저항성 집단과 지구성 집단의 등속성 근력 허리 관절의 변화를 비교한 연구결과를 도출하였다.

훈련 전·후 30°/sec 허리 신전력 및 굴근력 변화 결과 RC 집단의 집단 내 변화에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, EC 집단과 EN 집단 간 및 RC 집단과 RN 집단 간 변화량에서도 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

훈련 기간 동안에 주로 활동근육에서 안정 시에 비해 높은 산소를 이용하여 기간과 강도에 따른 산화스트레스 노출 위험이 증

가함으로써 골격근 손상 및 근기능 감소에 영향을 미치게 된다.

선행연구에서 젊은 남성들을 대상으로 커큐민 섭취 후 1시간의 운동 후 산화스트레스가 증가하였으나 혈중 항산화효소들에 의해 감소되었으며 운동에 의한 산화스트레스 감소로 커큐민의 효과를 제시하였다(Takahashi et al, 2014).

이러한 연구 결과는 근력 개선을 목적으로 하여 장기간 운동 시 커큐민 섭취가 근력 개선에 긍정적인 효과를 미칠 것으로 예측된다.

본 연구결과에서 30°/sec 허리 신전력 및 굴근력에서 EC 및 RC 집단의 집단 내 변화의 차이는 물론, 90°/sec 허리 신전력 및 굴근력은 EC 및 RC 집단에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나 EC 및 RC 집단의 집단 내 변화의 증가된 경향은 선행연구의 결과를 뒷받침할 수 있다고 볼 수 있다.

5. 지구성 종목의 운동수행능력 변화

지구성 종목의 경우 종목 특성상 기본적인 심폐기능 뿐만 아니라 페이스를 고려한 젓산내성이 요구된다(김기진, 2016). 지구성 종목의 운동수행능력 변화 분석은 점증적 최대운동검사를 기본적으로 실시하여 얻어진 측정결과로 최대산소섭취량, 최대심박수, 분당환기량, 운동지속시간 등을 토대로 운동수행능력 변화를 분석하여 효과적인 트레이닝 프로그램 구성을 위한 근거로 활용된다(Coyle, 1995).

5주간의 훈련 후 EC군에서 Vo2max, Time에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 본 연구에서 훈련 기간 동안 커큐민의 섭취로 IL-6와 TNF- α 의 감소 결과는 운동 시 염증 발생이 감소하는 것을 의미하며, 항산화 효소인 SOD 등의 활성을 높임으로써 운동수행에 있어 긍정적인 영향을 줄 것으로 판단된다.

6. 저항성 종목의 운동수행능력 변화

저항성 종목은 근 기능의 발현능력이 중요한 요인으로 작용하며, 특히 근 파워와 운동속도에 따라 근 신경과 근육의 수축형태가 달라지게 된다.

커큐민 섭취에 따른 근 기능 발현능력에 관한 선행연구에서 Vitadello et al(2014)은 생후 6주령 동물모델(rat)을 이용하여 10일간 복강 내에 커큐민을 주입한 결과, 근육의 횡단면적에서 커큐민 섭취군이 대조군에 비해 유의하게 증가하였으며, 산화스트레스는 유의하게 감소되어 근 감소 예방에 효과적인 것으로 보고하였다. 또한, Franceschi et al.(2016)은 65세 이상 건강한 노인들을 대상으로 3개월간 커큐민 섭취 후 산화 스트레스 및 근기능 개선에 유의한 효과가 있는 것으로 보고하여 산화스트레스 증가에 있어 커큐민이 근 기능의 감소에 긍정적인 영향을 가져오는 것으로 판단된다.

본 연구 결과 훈련 후 1RM Back Squat 및 1RM Bench Press에서 RC군의 집단 내 차이에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 이러한 결과는 근 감소 예방과 근 기능 개선에 유의한 효과가 나타난 선행연구 결과와 일치하였다고 볼 수 있다.

V. 결론

본 연구는 지구성 및 저항성 종목 대상으로 5주간의 훈련 시 커큐민 섭취가 혈중 염증반응, 산화적 스트레스 및 운동수행력의 변화에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 커큐민 섭취에 따른 훈련 전·후 신체조성의 변화를 분석한 결과 체중, 골격근량과 체지방을 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

2. 커큐민 섭취에 따른 훈련 전·후 혈중 염증의 변화를 분석한 결과 TNF- α 및 IL-6에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

3. 커큐민 섭취에 따른 훈련 전·후 산화 스트레스의 변화를 분석한 결과 SOD에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

4. 커큐민 섭취에 따른 훈련 전·후 허리 근력의 변화를 분석한 결과 30°/sec 허리 신전력 및 굴근력에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

5. 커큐민 섭취에 따른 훈련 전·후 지구성 종목의 운동수행능력의 변화를 분석한 결과 최대산소섭취량과 운동지속시간 분석결과 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

6. 커큐민 섭취에 따른 훈련 전·후 저항성 종목의 운동수행능력 변화를 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이러한 결과는 지구성 및 저항성 종목 훈련 시 커큐민의 섭취를 통해 혈중 염증반응 개선, 산화적 스트레스, 근력개선 및 운동수행력 향상에 도움을 줄 것으로 판단된다.

참고문헌

- 김경태, 이기혁(2020). 복합운동 및 올리브유 섭취가 비만초등학생의 건강체력, 심혈관질환 위험인자, 골밀도에 미치는 영향. **운동과학**, 29(1), 60-70.
- 김기진.(2016). 마라톤의 스포츠 과학적 특성. **대한스포츠의학회지**, 34(1), 19-27.
- 김창균, 이진석(2017). 장기간 유산소성 운동과 저항성 운동이 신체 구성, 항산화체계 및 혈중 대사 변인에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 26(1), 1075-1085.
- 김창균, 이진석(2016). 유산소성 운동과 저항성 운동이 혈중 d-ROM, BAP, 젓산 및 글루코스 농도에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 25(5), 1089-1098.
- 박승환, 류호상, 권영우(2011). **운동과 건강**. 서울: Pegasus.

- 최정화, 제유진(2015). 서울 일부지역 대학생의 비타민 · 무기질 보충제 섭취 실태 및 관련요인에 관한 연구. *Journal of nutrition and health*, 48(4), 352-363.
- Alappat, L., Awad, A. B.(2010). Curcumin and obesity: evidence and mechanisms. *Nutrition reviews*, 68(12), 729-738.
- 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.
- Bouchard, C., Blair, S. N., Church, T. S., Earnest, C. P., Hagberg, J. M., Häkkinen, K., Jenkins, N. T., Karavirta, L., Kraus, W. E., Leon, A. S., Rao, D. C., Sarzynski, M. A., Skinner, J. S., Slentz, C. A., & Rankinen, T.(2012). Adverse metabolic response to regular exercise: is it a rare or common occurrence?. *PLoS one*, 7(5), e37887.
- Braakhuis, A. J., & Hopkins, W. G.(2015). Impact of dietary antioxidants on sport performance: a review. *Sports Medicine*, 45(7), 939-955.
- Campbell, M. S., & Fleenor, B. S.(2018). The emerging role of curcumin for improving vascular dysfunction: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(16), 2790-2799.
- Chan, M. M. Y.(1995). Inhibition of tumor necrosis factor by curcumin, a phytochemical. *Biochemical pharmacology*, 49(11), 1551-1556.
- Chang, S. P., Chen, Y. H., Chang, W. C., Liu, I. M., & Cheng, J. T.(2004). Increase of anti-oxidation by exercise in the liver of obese Zucker rats. *Clinical and experimental pharmacology & physiology*, 31(8), 506-511.
- Chen, G. Y., & Núñez, G.(2010). Sterile inflammation: sensing and reacting to damage. *Nature Reviews Immunology*, 10(12), 826-837.
- Close, G. L., Ashton, T., McArdle, A., & MacLaren, D. P.(2005). The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 142(3), 257-266.
- 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.
- Coyle, E. F.(1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exercise and sport sciences reviews*, 23, 25-63.
- 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.
- Erdman, K. A., Fung, T. S., Doyle-Baker, P. K., Verhoef, M. J., & Reimer, R. A.(2007). Dietary supplementation of high-performance Canadian athletes by age and gender. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(6), 458-464.
- Flohé, L.(1982). Glutathione peroxidase brought into focus. *Free radicals in biology*, 5, 223-253.
- 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.
- Franceschi, F., Feregalli, B., Togni, S., Cornelli, U., Giacomelli, L., Eggenhoffner, R., & Belcaro, G.(2016). A novel phospholipid delivery system of curcumin (Meriva (R)) preserves muscular mass in healthy aging subjects. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 20(4), 762-766.
- Frank, L. D., Schmid, T. L., Sallis, J. F., Chapman, J., & Saelens, B. E.(2005). Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form: findings from SMARTRAQ. *American journal of preventive medicine*, 28(2), 117-125.
- 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.
- 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.(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.
- Hewlings, S., & Kalman, D.(2017). Curcumin: a review of its'

- effects on human health. *Foods*, 8(10), 92.
- Kang, H. J., Lee, S. H., Price, J. E., & Kim, L. S.(2009). Curcumin suppresses the paclitaxel-induced nuclear factor- κ B in breast cancer cells and potentiates the growth inhibitory effect of paclitaxel in a breast cancer nude mice model. *The breast journal*, 13(3), 223-229.
- Karimian, M. S., Pirro, M., Majeed, M., & Sahebkar, A.(2017). Curcumin as a natural regulator of monocyte chemoattractant protein-1. *Cytokine & growth factor reviews*, 33, 55-63.
- Kim, J., Lee, N., Kim, E. J., Ki, S. K., Yoon, J., & Lee, M. S.(2011). Anti-doping education and dietary supplementation practice in Korean elite university athletes. *Nutrition research and practice*, 5(4), 349-356.
- Maltais, M. L., Ladouceur, J. P., & Dionne, I. J.(2016). The effect of resistance training and different sources of postexercise protein supplementation on muscle mass and physical capacity in sarcopenic elderly men. *Journal of strength and conditioning research*, 30(6), 1680-1687.
- Mann, S., Beedie, C., & Jimenez, A.(2014). Differential effects of aerobic exercise, resistance training and combined exercise modalities on cholesterol and the lipid profile: review, synthesis and recommendations. *Sports medicine*, 44(2), 211-221.
- Mousavi, S. M., Milajerdi, A., Varkaneh, H. K., Gorjipour, M. M., & Esmailzadeh, A.(2020). The effects of curcumin supplementation on body weight, body mass index and waist circumference: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(1), 171-180.
- Nathan, C.(2002). Points of control in inflammation. *Nature*, 420(6917), 846-852.
- 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.
- Panahi, Y., Kianpour, P., Mohtashami, R., Jafari, R., Simental-Mendia, L. E., & Sahebkar, A.(2017). Efficacy and safety of phytosomal curcumin in non-alcoholic fatty liver disease: a randomized controlled trial. *Drug research*, 67(04), 244-251.
- Petersen, A. M. W., & Pedersen, B. K.(2005). The anti-inflammatory effect of exercise. *Journal of applied physiology*, 98(4), 1154-1162.
- Pedersen, B. K., Steensberg, A., & Schjerling, P.(2001). Muscle-derived interleukin-6: possible biological effects. *The Journal of physiology*, 538(2), 329-337.
- Powers, S. K., & Lennon, S. L.(1999). Analysis of cellular responses to free radicals: focus on exercise and skeletal muscle. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(4), 1025-1033.
- 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.
- Sahebkar, A., Serban, M. C., Ursioniu, S., & Banach, M.(2015). Effect of curcuminoids on oxidative stress: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of functional foods*, 18, 898-909.
- Sen, C. K., Marin, E. I. N. E., Kretzschmar, M. I. C. H. A. E. L., & Hanninen, O. S. M. O.(1992). Skeletal muscle and liver glutathione homeostasis in response to training, exercise, and immobilization. *Journal of Applied Physiology*, 73(4), 1265-1272.
- Shin, Y. A., Lee, J. H., Song, W., & Jun, T. W.(2008). Exercise training improves the antioxidant enzyme activity with no changes of telomere length. *Mechanisms of ageing and development*, 129(5), 254-260.
- 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.
- Sundgot-Borgen, J., Berglund, B., & Torstveit, M. K.(2003). Nutritional supplements in Norwegian elite athletes—impact of international ranking and advisors. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 13(2), 138-144.
- 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.
- Tian, H. H., Ong, W. S., & Tan, C. L.(2009). Nutritional supplement use among university athletes in Singapore. *Singapore Medical Journal*, 50(2), 165.
- Tipbunjong, C., Sookbangnop, P., Ajavakom, V., Suksamrarn, A., Kitiyanant, Y., & Pholpramool, C.(2018). Synthetic curcuminoid analogues abrogate oxidation-induced cell death and promote myogenic differentiation of C2C12 mouse myoblasts. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 17(8), 1483-1489.
- Tunstall, R. G., Sharma, R. A., Perkins, S., Sale, S., Singh, R., Farmer, P. B., Steward, W. P., & Gescher, A. J.(2006). Cyclooxygenase-2 expression and oxidative DNA adducts in murine intestinal adenomas: modification by dietary

-
- curcumin and implications for clinical trials. *European Journal of Cancer*, 42(3), 415-421.
- 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- κ 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.
- Vitadello, M., Germinario, E., Ravara, B., Libera, L. D., Danieli-Betto, D., & Gorza, L.(2014). Curcumin counteracts loss of force and atrophy of hindlimb unloaded rat soleus by hampering neuronal nitric oxide synthase untethering from sarcolemma. *The Journal of physiology*, 592(12), 2637-2652.
- 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.