

## 8주간의 발레운동과 식초섭취가 과체중 중년여성의 면역기능 인자에 미치는 영향\*

박소영·윤정수·하태균\*\* 전북대학교

본 연구는 발레운동과 식초섭취가 면역관련인자 SOD, IL-6 그리고 TNF- $\alpha$ 에 미치는 영향을 규명하여, 과체중이 있는 중년 여성의 면역기능 건강증진에 활용할 수 있는 자료를 제공하고자 하였다. 과체중이 있는 중년여성(55~65) 40명을 네 집단(통제집단 10명, 발레운동집단 10명, 식초섭취집단 10명, 복합처치집단 10명)으로 구성하여 운동 강도 55~60%인 발레운동프로그램에 8주간 참여시킨 후 혈액채취는 실험 전·후로 실시하였다. 면역기능 항산화 물질인 SOD 그리고 염증관련인자 IL-6, TNF- $\alpha$ 의 측정은 효소면역법(ELISA)를 이용하여 측정하였다. 본 연구의 결과 항산화물질인 SOD는 운동집단, 식초섭취집단, 복합처치집단에서 통계적으로 유의하게 증가하는 경향을 보였다. 반면 염증관련인자 IL-6, TNF- $\alpha$ 는 복합처치집단에서 통계적으로 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 결과적으로 8주간의 발레운동과 식초섭취에 따른 복합처치는 과체중의 중년여성에게 항산화 활성도를 높이고 염증인자를 줄여줌으로서 면역기능에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

**주요어** : 발레운동, 식초, SOD, IL-6, TNF- $\alpha$

### I. 서론

#### 1. 연구의 필요성 및 목적

경제성장과 의학 기술의 발달로 2016년 우리나라 여성의 평균수명은 82.4세로 매년 증가 추세를 보이고 있으며, 이러한 이유로 최근에 평균수명과 함께 주목 받고 있는 것이 건강수명이다. 건강수명은 단순히 얼마나 오래 살았느냐가 아니라 실제로 활동을 하며 건강하게 산 기간이 어느 정도인지를 나타내는 지표로 선진국에서는 평균수명보다 중요한 지표로 인용된다. 건강수명의 연장을 위하여 다양한 분야에서 다양한 연구가 지속되고 있다. 의학계에서는 항산화 효소를 높여주고, 염증관련 인자를 감소시켜 면역기능을 활성화 시키는 물질개발, 운동계에서는 운동을 통하여 운동의 효과로 얻어지는 면역기능에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 면역은 생체의 내부 환경이 외부환경인자인 항원에 대하여 방어하는 현상으로 방어기전인 항산화 효소와, 염증증기전인 Cytokine으로 나뉜다.

항산화 방어시스템(antioxidant defense system)이란 대사과정이나 그 밖의 과정에 의해 생성된 반응성 산소 화합물과 반응성 산소화합물로부터 산화적 손상을 방지하기 위한 생체의 방어 기제로 정의 된다(Meier, Howland, Johnson, Poisson, 1990). 항산화 방어시스템은 체내 항산화 효소와 비효소적 항산화제로 구분하고 생체는 반응성 산소화합물에 대해 효율적인 방어 기구를 가지고 있어 효과적으로 대처한다. 체내반응성 산

\* "이 논문은 2018년도 전북대학교 연구기반 조성비 지원에 의하여 연구되었음"

\*\* 교신저자 : hatg801106@daum.net

소화합물 제거제로 작용하는 항산화효소 중 SOD는 mitochondria의 matrix에 존재하면서 과산화라디칼( $O_2^-$ )을 수소원자(H+)와 반응시켜 과산화수소( $H_2O_2$ )와 산소분자( $O_2$ )로 변화시킨다. 인체 내 항산화효소인 SOD는 운동으로 인한 항상성파괴와 산화스트레스에 대처하는 매우 중요한 효소로 화학적인 역할은 반응성 산소화합물을 환원형으로 전환시킴으로써 조직 손상의 제1차 방어 역할을 하며, SOD의 활성화는 운동하는 동안 증가하는 산소 소비량에 기인하는데, 이는 산소에 의한 효소의 부분적인 점거는 SOD의 활동을 증가시킨다는 SOD 역학에 근거한 것이다(Djordjevic, Cubrilo, Puzovic, Vuletic, Zivkovic, Barudic, Radovanovic, Djuric, Jakovljevic, 2012).

염증성 기전인 Cytokine은 면역세포에 의해 조절되는 면역 조절성 수송단백질로 염증에 대한 자기방어와, 세포의 성장, 분화, 세포의 활성화, 세포의 사멸, 항상성의 회복과 발달을 위해 종합적으로 상호작용을 하는 중요한 역할을 담당한다(Oppenheim, 2001). 그 중 IL-6는 염증으로부터 조직손상의 방어까지 영향을 미치는 다면 발현성으로(Pleiotropic)순환하는 Cytokine이며, 이러한 cytokine은 면역세포, 결합조직, 내피세포, 골격근, 지방조직 등 다양한 조직에 분포되어 있으며 많은 세포에 의해 분비되어지는 일정한 단백질로 순환한다(Oppenheim, 2001). 혈장 IL-6의 농도는 인간의 염증도와 저항성과의 상관관계를 지니고 있으며, 간세포에서 섬유소원, C-reactive 단백질, 간, 글로빈 및 아밀로이드 단백질 등과 같은 급성염증단백질의 합성에 관여하는 가장 중요한 유도자이다(천금석, 2010). 다음으로 종양괴사인자(TNF- $\alpha$ )는 지방 및 근육조직에서 분비되는 혈관 내 염증을 유발시키는 요인으로 작용하며, 지방을 저장할 뿐만 아니라 조절분자들을 만들고 분비한다. TNF- $\alpha$ (tumor necrosis factor- $\alpha$ )의 증가는 인슐린 저항성을 초래하는 원인이 되며 아디포넥틴 생성을 억제하여 아디포넥틴 혈증을 초래하기도 한다(Beltowski, 2003). 이는 면역계의 대식세포와 다른 세포에 의해 생성되는 사이토카인의 일종이며, 섭취촉진 관련 호르몬이며 염증지표인자로 알려진 TNF- $\alpha$ 는 초기단계에 직접적으로 염증반응을 보이는 것으로 체내에서의 염증 및 면역반응과 섭취촉진 등의 인체 방어기전과 식욕 조절에 관한 특성을 가지고 있다(Feldmann, Brennan, Maini, 1996).

이러한 항산화물질과 염증인자와 관련하여 비타민을 비롯한 여러 가지 기능성 식품 및 보조제의 섭취를 통하여 면역기능이 증진 될 수 있음이 보고되고 있으며, 그 중 식초음료에 주성분인 SCFAs (Short Chain Fatty Acid; 단쇄지방산)는 골격근(skeletal muscle) 및 장(intestine)에서 조직의 특정면역 및 인체 내 염증 관련 인자를 조절하고 방어하는 기전과 관련되어 있고(Vinolo, Ferguson, Kulkarni, Damoulakis, Anderson, Bohlooly, Stephens, Hawkins, Curi, 2011), G-protein coupled receptor(GPCR)로써 GPCR related전사과정을 조절하여, 면역세포 및 염증 반응 등의 다양한 세포내 대사의 조절(Voltolini, Battersby, Etherington, Petraglia, Norman, Jabbour, 2012; 류승필, 권태동, 2009)과 에너지의 균형으로 지질대사를 조절하는데 기여한다고 알려져 있다(Chawla, Repa, Evans, Mangelsdorf, 2001).

이러한 보조제의 섭취를 극대화 시킬 수 있는 운동의 다양한 방법 중 발레운동은 Bar에서 행하여지는 여러 가지 순서는 논리적이며 근육발달에 체계적인 영향을 미친다. 지속적인 연습은 근육을 풀어줄 뿐만 아니라 그 다음 운동을 위해서 신체가 준비할 수 있도록 근육의 감각을 키워준다. Bar운동은 신체각 부분을 순서대로 훈련하여 자세를 고정시키는 것뿐만 아니라 등과 어깨, 팔등에 유연성과 운동성을 갖게 하여 Center에서의 자세를 결정하는 데에 도움이 되며, 대부분의 연습은 한 가지 이상을 수행한다(안나파스케브스카, 신정희 역, 2000). 또한 발레동작은 점프와 착지, 돌기 등과 같이 지면의 마찰과 저항에 대한 근육의 최대 수축적 힘(force)을 요구하는 동작들로 강한 근력과 유연성, 지구력 및 절제된 균형과 협응력을 요구한다. 또한 발레는 기본적으로 바(Barre)와 센터(Centre)로 나뉘는데 바(Barre)는 몸을 풀기 위한 운동과 발레의 기본 동작에 들어가기 앞서 신체 근육을 조절하기 위한 여러 가지 동작과 고도의 테크닉을 구사할 수 있는 운동으로, 다리

들고 버티기와 같이 천천히 강한 근육을 사용하는 근 저항 운동이다. 반면 센터(Centre)는 바에서의 기본적인 동작들을 몸의 균형과 힘을 얻기 위한 것으로, 짧게 반복적으로 뛰는 운동이다. 즉 지속적인 충격을 주지 않으면서 짧은 시간동안 큰 근육을 사용하는 저항성 운동인 발레는 중년여성을 대상으로 수행 시 강도 조절을 할 수 있고 같은 동작을 반복적으로 하는 운동으로 건강체력, 운동체력 그리고 면역체력 모든 체력의 요소를 증진시킴으로서 과체중의 중년여성의 건강증진과 면역기능 증진의 최적의 운동이라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 면역기능에 영향을 주는 항산화 물질 SOD와 염증관련인자 IL-6, TNF- $\alpha$ 의 분석을 통해 8주간의 발레운동과 식초섭취가 과체중 중년여성의 면역기능 인자에 미치는 영향과 예방 효과를 분석하고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상은 의학적으로 골감소증 증세가 있고, 발레를 처음 접한 초보자로 J시 소재 55~65세 중년여성 40명을 대상으로 하였다. 집단구성은 발레운동집단 10명, 식초섭취집단 10명, 복합처치집단(발레운동프로그램 + 식초섭취)10명, 통제집단 10명으로 나누어 무선배정 하였다. 실험 전 본 연구에 대한 내용과 절차 그리고 예상되는 효과, 잠재적 위험요소 등을 충분히 설명하였으며 이에 자발적으로 동의하는 자들을 대상으로 실험동의서를 받고 실험에 참가하였다. 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 신체적 특성

그룹	나이(년)	신장(cm)	체중(kg)	체질량지수(kg/m <sup>2</sup> )
통제집단(N=10)	59.2±2.94	160.9±3.94	58.8±5.26	25.1±2.49
발레운동집단(N=10)	58.1±3.08	158.2±4.16	57.1±4.29	25.9±3.11
식초섭취집단(N=10)	57.6±3.27	159.6±5.12	57.9±6.13	26.1±1.94
복합처치집단(N=10)	58.4±3.94	161.2±3.23	58.1±5.89	25.6±3.29

### 2. 실험절차

#### 1) 식초음료 및 위약음료 섭취방법

연구를 위한 식초음료의 성분과 섭취 방법은 다음과 같이 설정하였다.<표 2>. 식초음료: 청정원사의 홍초(대한민국) 제품을 사용할 것이며, 제조사가 제시하는 일일권장량을 사용하였으며, 대군에게는 식초음료제조사 연구소의 자문을 얻어 Placebo를 제조/이용하여, 식초음료에 함유된 영양소의 영향을 최소화 하였다. 식초섭취집단과 복합처치집단은 식사 직후 25ml씩 3회 8주 동안 복용하게 하였으며 복용의 여부는 주단위로 확인하였다.

표 2 . 조성성분에 따른 섭취 및 시기

Vinegar 음료성분	Placebo 조성성분	섭취용량 & 시기
식초 : 48.9%/L 당류 : 10.8%/L 과실농축액 : 10.12%/L	포도당 : 10.8%/L 과실농축액 : 10.12%/L	식사 직후 ( 25ml x 3회 / Day )

## 2) 발레운동

발레운동은 10분간 준비운동과 스트레칭, 유연성 체조를 실시하고, 유산소성 발레운동은 45분간, 정리운동을 5분간 실시하였다. 또한, 빠르고 경쾌한 점프동작과 회전동작 그리고 턴을 추가하여 흥미와 운동의 효과를 높였으며, 그리고 운동의 강도를 유지하였다. HRmax 55~60% 1일 60분간 주 3회씩(월, 수, 금) 8주간 실시하였다. 운동 강도는 실험 전 폴라를 착용하여 최대심박수를 구하는 공식으로 HRmax 55~60%를 산출하였으며, 운동4주에 같은 방법으로 다시 측정하여 산출하였다. 발레운동프로그램은 <표 3>와 같다.

표 3. 발레운동 프로그램

운동기간	빈도(회/주)	운동강도 및 내용	운동시간(분)
		HrMAX 55-60%	60
		Warm up	준비운동 (10)
8주	3회/8주	1, Barre (Plié/ Tendu/ Rond De Jambe á Terr/ Grand battement/ Limbering)	본운동 (발레프로그램) (45)
		2, Centre (Small Jump/ Échappé Saute/ Releve)	
		Cool Down	정리운동 (5)

## 3) 혈액채혈

실험대상자 40명을 대상으로 채혈시작 전 12시간 공복 후 20분간 안정을 취한 후 상완정맥에서 10ml을 채혈하였으며, 8주 후 동일한 방법으로 전북대학병원 건강관리센터의 간호사가 채혈하였다. 채혈한 혈액은 항응고 처리된 tube에 넣어 즉시 원심분리기(GYROZEN 1580MGR)를 이용하여 4℃에서 3000rpm으로 30분간 원심분리 후 각각의 전용 tube에 혈청과 혈장을 분석 시까지 -80℃에 보관하였다. 실험 전·후의 채혈을 통해 각 집단별 SOD, IL-6 그리고 TNF- $\alpha$ 의 활성화도 변화를 살펴보았다.

## 4) 분석방법

혈청 SOD, IL-6 그리고 TNF- $\alpha$ (R&D system Quantikine)의 분석은 상용화된 kit를 활용하여 효소면역법(ELISA)으로 측정하였으며 분석방법은 제조사의 매뉴얼을 참고하였다.

Capture antibody를 Coating buffer에 2 $\mu$ g/ml을 각 well에 50 $\mu$ l씩 넣어 4℃에서 Overnight시켰다. 그 후 Wash buffer로 세척 후 2시간 상온에서 BSA/PBS로 Blocking하고 다시 세척 후 Standard와 Sample을 100 $\mu$ l씩 넣었다. 상온에서 2시간 후에 Detection antibody를 Blocking buffer에 1 $\mu$ g/ml을 100 $\mu$ l씩 넣고 상온에서 1시간 후 HRP를 넣었다. 30분 이후 Substrate buffer A와B를 1:1비율로 넣고 차광된 상태로 두고 발색이 되면 Stop Solution을 넣고 흡광도 450nm에서 측정하였다.

## 3. 자료처리

측정된 자료를 SPSS Win 24.0 통계프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하고, 실험 전·후 채혈시점에 따라 집단 간의 차이를 분석하기 위하여 One-way ANOVA를 실시하였으며, 집단내의 차이를 알아보기 위하여 Paired sample *t*-test를 실시하였다. 분석결과 유의한 차이가 있을 경우, Duncan방식에 의해 사후검증을 실시하였으며, 가설의 수락기준은 *P*.05수준이다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. SOD의 변화

8주간의 식초 섭취와 발레운동에 따른 각 집단의 SOD의 변화는 아래의 <표 4>에 제시된 바와 같다. 통제 집단은 사전  $1.90 \pm 0.23$ 에서 사후  $1.89 \pm 0.019$ 으로 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으며, 발레운동집단에서 사전  $1.89 \pm 0.022$ 에서 사후  $1.93 \pm 0.016$ , 식초섭취집단에서는  $1.88 \pm 0.026$ 에서 사후  $1.94 \pm 0.028$ 로 그리고 복합처치 집단에서 사전  $1.89 \pm 0.034$ 에서 사후  $1.99 \pm 0.036$ 으로 통계적으로 유의하게 증가함을 나타냈으며, 복합처치집단에서 가장 큰 증가를 나타냈다.

표 4. SOD의 변화

항목	시기	통제집단	발레운동집단	식초섭취집단	복합처치집단	F값
SOD (ng/ml)	사전	$1.90 \pm 0.23^1$	$1.89 \pm 0.022^1$	$1.88 \pm 0.026^1$	$1.89 \pm 0.034^1$	.689
	사후	$1.89 \pm 0.019^1$	$1.93 \pm 0.016^2$	$1.94 \pm 0.028^2$	$1.99 \pm 0.036^3$	18.518
	t	.702	-4.044*	-3.246*	-4.365*	

Values are Mean±SD.

Singnificant at \* : P<.05

#### 2. IL-6의 변화

8주간의 식초 섭취와 발레운동에 따른 각 집단의 IL-6의 변화는 아래의 <표 5>에 제시된 바와 같다. 통제 집단은 사전  $0.26 \pm 0.012$ 에서 사후  $0.26 \pm 0.018$ 로 변화가 없었으며, 발레운동집단에서 사전  $0.25 \pm 0.016$ 에서 사후  $0.22 \pm 0.019$ 으로 식초섭취집단에서는  $0.26 \pm 0.014$ 에서 사후  $0.19 \pm 0.013$ 으로 그리고 복합처치 집단에서 사전  $0.25 \pm 0.017$ 에서 사후  $0.18 \pm 0.021$ 으로 통계적으로 유의하게 감소함을 나타냈으며, 복합처치집단에서 가장 큰 IL-6의 감소를 나타냈다.

표 5. IL-6의 변화

항목	시기	통제집단	발레운동집단	식초섭취집단	복합처치집단	F값
IL-6 (ng/ml)	사전	$0.26 \pm 0.012^1$	$0.25 \pm 0.016^1$	$0.26 \pm 0.014^1$	$0.25 \pm 0.017^1$	.303
	사후	$0.26 \pm 0.018^1$	$0.22 \pm 0.019^1$	$0.19 \pm 0.013^2$	$0.18 \pm 0.021^3$	28.811
	t	.000	4.831*	-7.113*	8.918*	

Values are Mean±SD.

Singnificant at \* : P<.05

#### 3. TNF- $\alpha$ 의 변화

8주간의 식초 섭취와 발레운동에 따른 각 집단의 TNF- $\alpha$ 의 변화는 아래의 <표 6>에 제시된 바와 같다. 통제 집단은 사전  $0.81 \pm 0.022$ 에서 사후  $0.79 \pm 0.021$ 로 감소는 하였으나 통계적으로 유의하진 않았으며, 발레운동 집단에서 사전  $0.79 \pm 0.027$ 에서 사후  $0.75 \pm 0.024$ 으로 식초섭취집단에서는  $0.80 \pm 0.018$ 에서 사후  $0.75 \pm 0.030$

표 6. TNF- $\alpha$ 의 변화

항목	시기	통제집단	발레운동집단	식초섭취집단	복합처치집단	F값
CTx(ng/ml)	사전	$0.81 \pm 0.022^1$	$0.79 \pm 0.027^1$	$0.80 \pm 0.018^1$	$0.79 \pm 0.027^1$	.631
	사후	$0.79 \pm 0.021^1$	$0.75 \pm 0.024^2$	$0.75 \pm 0.030^2$	$0.69 \pm 0.032^3$	17.524
	t	1.120	2.965*	3.545*	7.575*	

Values are Mean±SD.

Singnificant at \* : P<.05

로 그리고 복합처치 집단에서 사전  $0.79 \pm 0.027$ 에서 사후  $0.69 \pm 0.032$ 으로 통계적으로 유의하게 감소함을 나타냈으며, 복합처치집단에서 가장 큰 TNF- $\alpha$ 의 감소를 나타냈다.

## IV. 논 의

### 1. SOD의 변화

인체는 일상생활이나 신체적 운동을 하게 되면 신진대사 경로를 통해 활성산소를 생성한다. 활성산소란 산소유리기(oxygen free radical)로서 일반적인 산화와는 다르게 인체의 세포에서 발생하는 활성이 강한 산소로서 다른 세포들과 반응성이 매우 높으며(공학선, 2012), 생체 내에서 여러 가지 효소작용이나 세포호흡과 같은 생체 화학적인 작용에 의해서 생성된다(권기욱, 2011). 이러한 활성산소는 중년 이후에는 세포성 면역기능의 감소는 감염성 질환이나 암의 발생 및 자가 면역 질환의 발병을 증가시킬 수 있다고 알려져 있고 또한 격렬한 운동이나 노화로 인하여 증가하게 되는데 이러한 작용에 대응하기 위하여 우리 몸은 항산화 효소가 발현된다. 항산화 효소의 대표적인 SOD는 초과산화이온을 산소와 과산화수소로 바꿔 줌으로써 독성으로부터 세포를 방어하는 역할을 하고, 산소에 노출되는 거의 모든 세포에서 이러한 SOD에 의한 항산화방어기작이 중요하며, 일부 유산균들의 경우 다른 방어기전을 사용하는 것으로 알려져 있다(공학선, 2012).

본 연구에서 나타난 SOD의 변화를 분석한 결과 과체중의 중년 여성의 8주간의 발레운동과 식초섭취 후 운동집단, 섭취집단, 복합처치집단 세 집단 모두 유의하게 증가함을 보였다. 이러한 결과는 김유진(2008)의 연구에서 클로렐라를 섭취한 위 손상 흰 쥐에게 투여하였을 때의 체내의 항산화능력의 SOD의 활성화와 위 손상을 줄여주는 효과를 보였다고 보고하였으며, 한유선(2015) 또한 중년 여성을 대상으로 8주간 발레운동 프로그램과 Oleuropein 섭취가 항산화 효소인 SOD의 발현을 증가 시켰다고는 보고와 심현영(2012)의 순환운동과 클로렐라섭취가 비만 중년 여성의 체력, 혈액변인 및 SOD활성도에 미치는 영향에서 16주간의 장기간운동을 실시하여 SOD활성도의 증가함의 보고와 일치함을 보였다. 반면 운동에 의한 항산화 효소의 활성 변화는 운동기간, 강도 그리고 근섬유에 따라 달라질 수 있는데 10주간 쥐를 대상으로 운동 강도를 3가지 형태(낮은, 중간, 높은 강도)로 구분하고 운동시간을 1일 30분, 1일 60분, 1일 90분간 훈련시켜 항산화 효소의 활성을 연구한 결과, 모든 운동군에서 SOD의 활성이 증가되었으나, 운동 강도 및 시간에 의한 SOD의 활성에는 차이가 없었으며, 또한 여러 근섬유에서 운동 강도와 운동시간에 따른 항산화 효소의 활성을 연구한 결과 훈련에 의해 SOD의 활성이 가자미 근에서만 증가를 나타냈다(Powers, Ji, Leeuwenburgh, 1999).

다양한 운동에 의한 트레이닝은 수많은 근조직 근형질세망에서 칼슘을 방출과, SOD의 활동을 증가시키며, 이렇게 증가된 항산화 물질들은 골밀도를 높여주는 기전으로 작용하게 된다. 따라서 이번 연구의 발레운동과 식초 또한 골대사의 긍정적인 영향을 받을 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 중년 면역기능 감소가 나타나는 중년여성들에게 발레운동이 항산화 효소인 SOD의 발현에 효과적이며 식초섭취 또한 긍정적인 변화를 가져올 수 있고, 이러한 복합처치가 보다 높은 면역기능의 향상을 위한 효과적인 방법이 될 수 있음을 제시하고 있다.

### 2. 염증관련 인자의 변화(IL-6)

신체활동은 Inflammatory Cytokine의 농도 및 발현에 영향을 줄 수 있는데, 운동은 인체에 신체적 스트

레스 기전으로 작용하여 면역체계의 다양한 변화를 초래한다. 특히, 복잡한 운동의 형태, 높은 강도, 장시간의 신체활동 등을 통해 Cytokine의 농도가 증가하면 전형적으로 근육통과 세포손상을 초래하지만(한유선 2015), 규칙적인 신체 활동은 혈관성 질환의 주요인자로 지목되는 염증지표를 호전시킨다(Jackson, Sui, Hebert, Church, Blair, 2009). IL-6는 다른 어떤Cytokine보다 운동에 대한 반응성이 크고, 운동 후 근 분해와 합성에 의해서 유발되는 염증성 반응에 영향을 미칠 수 있는 것으로 국부적인 염증의 신호와 간의 간접적인 반응으로 나타나게 된다(Mantovani, Dnarello, Ghozzi, 2000). 또한 고강도의 장시간 운동 반응으로 골격근에서 염증성 싸이토카인이 나타났으며, 격렬한 운동이 전 염증 싸이토카인 TNF- $\alpha$ , IL-1의 증가와 염증반응인 IL-6의 발현이 높았음을 보고하고 있다(Ostrowski, Gohde, Asp, Schjerling, Pedersen, 1999).

운동에 의해 IL-6의 혈중수준이 10배에서 많게는 100배까지 기하급수적으로 늘어나고, 운동 후에 다시 감소한다고 보고되었다(Febbraio & Pedersen, 2002). IL-6전사 비율은 근육과 간에 저장되어 있는 글리코겐 수준이 낮을 때, 운동에 의해 더욱 증가됨을 보고하고 있다(Keller, Steensberg, Pilegaard, Osada, Saltin, Pedersen, Neufer, 2001). 또한, IL-6는 혈관 수축물질을 증가시킴으로써 염증반응을 유발하는 것으로 알려져 있다(Kem, Kasper, Dries, Drebber, Dienes, Schirmacher, 2005). 염증은 생리적 기능장애를 야기하며, 혈관을 통한 전신염증과 만성질환 등의 연관성을 보여주고 있다(Bruunsgaard, 2005). 즉, 다양한 연구의 결과로 적당한 운동은 항염증성인 것으로 입증되었다.

본 연구에서 나타난 IL-6의 변화를 분석한 결과, 과체중의 중년 여성의 8주간의 발레운동과 식초섭취 후 운동집단, 섭취집단, 복합처치집단 세 집단 모두 유의하게 감소함을 보였다. 이러한 결과는 박상갑, 박진기, 권유찬, 김은희(2011)의 복합운동이 근육감소증 고령여성의 자립생활체력, IL-6, TNF- $\alpha$ 와 경동맥 혈관에 미치는 영향에서 비만중년여성을 대상으로 복합운동 프로그램을 실시한 결과 IL-6이 감소하였다는 결과와, 그리고 한유선(2015)의 중년 여성을 대상으로 8주간 발레운동 프로그램과 Oleuropein 섭취가 염증관련 인자인 IL-6의 발현을 감소시켰다고는 보고와 일치한다. 또한 중강도 운동 시 IL-6는 근육에서 근육 분비물질인 Myokine이 다량으로 생성되고 혈액에서 순환되고, 생산된 IL-6의 양은 운동의 강도, 지속시간 및 빈도수에 따라 수축 기전에 따라서 다른 발현 양상을 보일 수 있다(Febbraio & Pedersen, 2002).

이러한 결과들을 종합해보면 과체중의 중년 여성의 8주간의 발레운동과 식초섭취는 IL-6의 농도의 감소를 가져올 수 있으며, 식초섭취만으로도 긍정적인 변화를 가져올 수 있지만 운동과 식초를 복합처치 하였을 때 보다 효과적으로 염증성 효소인 IL-6의 농도의 감소를 가져올 수 있을 것으로 생각된다.

### 3. 염증관련 인자의 변화(TNF- $\alpha$ )

TNF- $\alpha$ 는 항종양과 면역반응을 유도하는 단백질 아미노산의 결합이며, 골격근을 비롯한 매우 다양한 세포에서 TNF- $\alpha$ 를 생성 시킬 수 있고, 가장 처음으로 분비되는 곳은 대식세포이다(Shindoh, Chiba, Yasuda, Saito, Funaoka, Kohgo, Amemiya, Sawada, Fujinaga, 1995). 동물실험에 의하면, 외부의 TNF- $\alpha$ 에 지속적으로 노출되면, 근육세포의 사멸기전을 증가시킨다(Buck and Chojkier, 1996). 게다가 사람에게 TNF- $\alpha$ 는 패혈증, 암, 동정맥류에서 AIDS에 이르는 다양한 염증질환 상황일 때, 근육이화 작용과 근육 수축 장애를 자극하는 것으로 알려져 있다.

최근 연구에서 TNF- $\alpha$ 가 인슐린의 직접적인 신호를 차단시키며, 인슐린 민감도를 저해하는 인자로 알려져 있고, 비만인 에서도 TNF- $\alpha$ 가 증가한다고 보고되고 있다(Beltowski, 2003). 그리고 TNF- $\alpha$ 는 체지방의 증가와 근육량의 감소에 중요한 영향을 미치는 요인으로 알려져 있다(Buck & Chojkier, 1996). 또한 TNF- $\alpha$ 는 근육세포의 분화에 관여하는 위성세포의 활성화를 억제하여 근육위축을 촉진하는 것으로 알려져 있으며,

일정기간 규칙적인 운동프로그램의 수행은 TNF- $\alpha$ 의 농도를 감소시키는 것으로 널리 보고된 바 있다 (Beltowski, 2003).

본 연구에서 나타난 TNF- $\alpha$ 의 변화를 분석한 결과, 과체중의 중년 여성의 8주간의 발레운동과 식초섭취 후 운동집단, 섭취집단, 복합처치집단 세 집단 모두 유의하게 감소함을 보였다. 이러한 결과는 이해원(2013)의 우리 춤 체조와 L-arginine섭취가 중·노년 여성의 산화질소와 염증반응지표 변화에 미치는 영향에서 TNF- $\alpha$ 의 감소를 보인 결과와 한유선(2015)의 8주 발레운동과 Oleuropein 섭취가 중년여성의 혈중지질, 항산화효소 및 Adipocytokine에 미치는 영향에서 TNF- $\alpha$ 의 감소를 나타냈다. Kondo, Kobayashi, Murakami (2006)의 평균 18세의 여성 8명을 대상으로 7개월 동안 60~70% HR로 조깅, 걷기, 덤벨, 스트레칭, 줄넘기 그리고 사이클링을 주 5회 실시한 결과 TNF- $\alpha$ 가 유의하게 감소하였다고 보고하였다.

반면, 전재영(2007)은 비만 여중생을 대상으로 복합운동을 실시하여 TNF- $\alpha$ 의 평균치가 유의하게 증가하였다고 보고하고 있으며, 전태원, 신윤아, 김경배, 서동일, 김영경, 소성 (2006)은 비만 여성을 대상으로 12주간 녹차 복용과 운동의 복합처치를 한 결과에서도 복합처치군, 녹차군, 대조군, 모두에서 유의하게 증가하였다고 보고하고 있다.

이러한 TNF- $\alpha$ 의 변화는 운동 후 cytokine의 변화가 운동종류, 운동경험, 측정 시간 때, 방법 등 다양하게 나타날 수 있음을 보여주며, 운동과 관련하여, 고강도 운동에서는 TNF- $\alpha$ 를 증가시킨다는 보고가 있으나, 지속적이고 중강도의 규칙적인 운동을 통해서 TNF- $\alpha$ 의 감소를 보이며, 생성을 억제하는 것으로 보고되고 있다(Beltowski, 2003).

따라서 이러한 결과들을 종합해보면 중년 여성의 8주간의 발레운동과 식초섭취는 TNF- $\alpha$ 의 농도를 감소를 가져 올 수 있으며, 운동과 식초를 복합처치 하였을 때 보다 효과적인 TNF- $\alpha$ 의 농도의 감소를 가져올 수 있을 것으로 생각된다.

## V. 결론 및 제언

본 연구는 J시 소재 과체중 중년 여성을 대상으로 면역기능의 증진을 알아보기 위해 8주간의 발레운동프로그램과 식초섭취가 항산화 효소인 SOD와, 염증관련인자인 IL-6, TNF- $\alpha$ 의 발현양상을 알아보았다.

그 결과 첫 번째 SOD는 8주 후 운동집단, 식초섭취집단, 복합처치집단에서 통계적으로 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 두 번째 IL-6는 8주 후 운동집단과 섭취집단 그리고 복합처치집단에서 감소하는 경향을 보였으며, 식초 섭취집단과 복합처치집단에서 통계적으로 유의한 감소를 나타냈다. 마지막으로 TNF- $\alpha$ 는 8주 후 운동집단, 식초섭취집단, 복합처치집단에서 모두 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타났다.

이상을 종합해보면 발레운동은 과체중의 중년여성에게서 면역기능의 증진을 높여 줄 수 있는 운동 방법으로 생각되며, 발레운동과 더불어 면역기능 항진제로서 식초섭취는 신체대사의 면역체계에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 보조식품으로서의 역할을 기대할 수 있을 것으로 생각된다, 앞으로 과체중의 중년여성뿐만 아니라 면역기능이 저하되는 일반인 그리고 노화가 진행되고 있는 성인들, 대사성 질환이 있는 모든 사람들에게 적합한 발레운동과 다양한 식초 섭취의 방법은 면역기능의 증진과 함께 염증을 예방 할 수 있는 방법으로서 앞으로 진행 될 체계적인 연구의 기초 자료가 될 수 있을 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- 공학선 (2012). 12주간 비타민 C섭취가 일시적 고강도 신체활동 중 항산화효소와 근손상 및 피로, 유산소성 운동능력에 미치는 효과. 중앙대학교 대학원 박사학위 논문.
- 권기욱 (2011). 비효소계 항산화제 섭취가 운동 시 혈중 활성산소 유리기, 총 항산화기능 및 피로변인에 미치는 영향. 군산대학교 박사학위 논문.
- 김유진 (2008). 클로렐라의 섭취가 카드뮴으로 산화적 스트레스를 유도한 흰쥐의 항산화능과 카드뮴 대사에 미치는 영향. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 김종원, 이미란, 이경희, 김현준, 최문기, 김도연, 김태운 (2009). 로얄 아카데미 발레댄스 프로그램 수행이 여자 대학생의 신체조성, 체력 및 골밀도에 미치는 영향. **19**(8), 1093-1103.
- 류승필, 권태동 (2009). 현미 식초섭취가 중강도 운동 중 에너지대사에 미치는 영향. *운동영양학회지*, **13**(3), 217-224.
- 박상갑, 박진기, 권유찬, 김은희 (2011). 복합운동이 근육감소증 고령여성의 자립생활체력, IL-6, TNF- $\alpha$ 와 경동맥 혈관에 미치는 영향. *한국 사회체육학회지*, **45**(2), 771-781.
- 심현영 (2012). 순환운동과 클로렐라섭취가 비만 중년 여성의 체력, 혈액변인 및 SOD활성도에 미치는 영향. 동신대학교 대학원 박사학위 논문.
- 안나파스케브스카, 신정희 역 (2000). 발레 예술과 과학. 서울 : 도서출판 금광.
- 이해원 (2013). 우리 춤 체조와 L-arginine섭취가 중노년 여성의 산화질소와 면역기능 변화에 미치는 영향. 전북대학교 박사학위 논문.
- 전재영 (2007). 복합운동이 비만 여중생의 심혈관질환 위험인자, C-반응단백, 아디포넥틴, 종양괴사인자- $\alpha$ 에 미치는 영향. 미간행 박사학위 논문. 부산대학교 대학원.
- 전태원, 신윤아, 김경배, 서동일, 김영경, 소성 (2006). 녹차 섭취와 운동의 복합처치가 비만여성의 Adipocytokines 및 항산화 시스템에 미치는 영향. *운동과학*. **15**: 137-146.
- 천금석 (2010). 운동형태가 비만여고생의 신체구성, 인슐린민감성, 염증유발인자 및 Leptin에 미치는 영향. 경상대학교 대학원 박사학위논문.
- 한유선 (2015). 8주 발레운동과 Oleuropein 섭취가 중년여성의 혈중지질, 항산화효소 및 Adipocytokine에 미치는 영향. 전북대학교 박사학위 논문.
- Beltowski, J. (2003). Adiponectin and resistin: new hormones of white adipose tissue. *Med. Sci. Monit.* **9**: 55-61.
- Bruunsgaard, H. (2005). Physical activity and modulation of systemic low-level inflammation. *Journal of Leukocyte Biology*, **78**(4), 819-835.
- Buck, M., & Chojkier, M. (1996). Muscle wasting and differentiation induced by oxidative stress in a murine model of cachexia is prevented by inhibitors of nitric oxide synthesis and antioxidants. *MBO. J.* **15**(8): 1753-65.
- Chawla, A., Repa, J. J., Evans, R. M., & Mangelsdorf, D. J. (2001). Nuclear receptors and lipid physiology: opening the X-files. *Science*. **30**; 294(5548): 1866-70. Review.
- Djordjevic D, Cubrilo D, Puzovic V, Vuletic M, Zivkovic V, Barudzic N, Radovanovic D, Djuric D, Jakovljevic V, (2012). Changes in athlete's redox state induced by habitual and unaccustomed exercise, *Oxidative medicine and cellular longevity*. (1): 1-7, 2012.
- Febbraio, M. A., & Pedersen, B. K. (2002). Muscle-derived interleukin-6: mechanisms for activation and possible biological roles. *FASEB J.* **16**(11): 1335-47. Review.
- Feldmann, M. A., Brennan, F. M., & Maini, R. N. (1996). Role of cytokine in rheumatoid arthritis. *Annu. Rev. Immunol.* **14**: 397-440.
- Jackson, A. S., Sui, X., Hebert, J. R., Church, T. S., & Blair, S. N. (2009). Role of lifestyle and aging on the longitudinal change in cardiorespiratory fitness. *Archives of Internal Medicine*, **169**(19), 1781-1787.
- Keller, C., Steensberg, A., Pilegaard, H., Osada, T., Saltin, B., Pedersen, B. K., & Neufer, P. D. (2001). Transcriptional activation of the IL-6 gene in human contracting skeletal muscle: influence of muscle glycogen content. *FASEB J.* **15**: 2748-50.

- Kem, M. A., Kasper, H. U., Dries, V., Drebber, U., Dienes, H. P., & Schirmacher, P. (2005). Precision cut tissue slices of the liver as morphological tool for investigation of apoptosis. In *Vivo*. 19(2), 423-31.
- Kondo, T., Kobayashi, I. & Murakami, M. (2006). Effect of exercise on circulating adipokine levels in obese young women. *Endocr J*. 53: 189-95.
- Mantovani, A., Dnarello, D. A., & Ghozzi, P.(2000). Metabolic effects of nitric oxide synthase inhibition during exercise in the horse. *Res. Vet. Sci. Vol. 66*: 135-138.
- Meier, F. A., Howland, J., Johnson, J., & Poisson, R., (1990). Effects of a rapid antigen test for group A streptococcal pharyngitis on physician prescribing and antibiotic costs. *Arch. Intern. Med.* 150(8): 1696-700.
- Oppenheim, J. J. (2001). Cytokines : past, present and future. *Int. J. Hematology*, 74(1): 3.
- Ostrowski, K., Gohde, T., Asp, S., Schjerling, P., and Pedersen B, K. (1999). The cytokine balance and strenuous exercise. TNF- $\alpha$ , IL-2, IL-6, IL-1 $\alpha$ , sTNF- $\alpha$ , sTNF- $\beta$ , sTNF- $\gamma$ , and IL-10. *Journal of Physiology*, 515, 187-291.
- Powers, S. K., Ji, L. L., & Leeuwenburgh, C. (1999). Exercise training-induced alterations in skeletal muscle antioxidant capacity: a brief review. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 31(7), 987-997.
- Shindoh, M., Chiba, I, Yasuda, M. Saito, T., Funaoka, K., Kohgo, T., Amemiya, A., Sawada, Y, & Fujinaga, K. (1995). Detection of human papillomavirus DNA sequences in oral squamous cell carcinomas and their relation to p53 and proliferating cell nuclear antigen expression. *Cancer*. 1; 76(9): 1513-21.
- Vinolo, M. A., Ferguson, G. J., Kulkarni S., Damoulakis G., Anderson K., Bohlooly-Y M., Stephens L., Hawkins P. T. ,& Curi, R. (2011). SCFAs induce mouse neutrophil chemotaxis through the GPR43 receptor. *PLoS One*. 6(6): e21205.
- Voltolini, C., Battersby, S., Etherington, S. L., Petraglia, F., Norman, J. E., Jabbour, H. N (2012). A novel antiinflammatory role for the short-chain fatty acids in human labor. *Endocrinology*. 153(1): 395-403.

## ABSTRACT

**Effects of 8 Weeks of Ballet Exercise and Vinegar Intake on Immune Function Factors of Overweight Middle-aged Women**

Park, So-Young · Yoon, Chung-Su · Ha, Tae-Geun *Chonbuk Univ.*

This study was intended to identify the effects of ballet exercise and vinegar intake on immuno-related factors SOD, IL-6 and TNF- $\alpha$ , providing data that can be used to enhance the immune function health of overweight middle-aged women. Forty middle-aged women (55-65) who were overweight were composed of four groups (ten control groups, 10 ballet groups, 10 vinegar-supporting groups, and 10 mixed treatment groups) and were involved in a ballet exercise program with an exercise strength of 55 to 60 percent for eight weeks before and after the blood collection was conducted. Measurements of SODs and inflammatory-related factors IL-6 and TNF- $\alpha$  were measured using the enzyme immunization method (ELISA). As a result of this study, SOD, an antioxidant, tends to increase statistically significantly in exercise groups, vinegar intake groups, and complex treatment groups. In contrast, inflammatory factors IL-6 and TNF- $\alpha$  tended to decrease statistically significantly in the complex treatment group. As a result, combined treatment by eight weeks of ballet exercise and vinegar intake is thought to help immune function by increasing antioxidant activity and reducing the inflammatory factor in middle-aged women who are overweight.

**Key words** : Ballet exercise, Vinegar, SOD, IL-6, TNF- $\alpha$

논문투고일: 2019. 06. 06  
논문심사일: 2019. 07. 08  
심사완료일: 2019. 07. 18