

Effect of Complex Training on Inflammatory Markers and Homocysteine of Obese Men

Chan-Ho Jin¹ and Yi-Sub Kwak^{2*}

¹Department of Leisure and Gaming, Hanseo University, Seosan 31962, Korea

²Department of Physical Education, Dong-Eui University, Busan 47340, Korea

Received July 26, 2015 / Revised August 5, 2015 / Accepted August 6, 2015

The purpose of this study was the effect of complex training of obese men in their 30s on inflammatory markers and homocysteine, a risk factor for cardiovascular disease. The subjects consisted of obese men (n=12) with the body fat ratio of 25% or above in their mid 30s who had no medical conditions and can follow the exercise routine required by this study. To achieve the purpose of this study measured the maximum oxygen intake (VO_{2max}) and 1RM of 5 kinds of machine(bench press, lat pull down, arm curl, leg press, squat) as a preliminary test; based on the results, performed 8 weeks complex training (aerobic exercise + weight training); and then analyzed the variation in body composition (body weight, body fat and BMI), blood inflammatory markers (IL-6, TNF- α and CRP), and homocysteine between before and after training. The results exhibited that 8 weeks complex training reduced weight, body fat and BMI significantly ($p<0.01$) and also reduced inflammatory marker CRP and homocysteine, a risk factor for cardiovascular disease, significantly ($p<0.05$). In conclusion, 8 weeks complex training confirmed the variation in body composition, and this variation has a positive effect on the inflammatory marker and the risk factor for cardiovascular disease.

Key words : Complex training, homocysteine, inflammatory marker, obesity

서론

비만은 체내에 지방이 과도하게 축적되어있는 상태를 말한다[3]. 지방세포는 인체 내에 에너지를 저장하는 역할 외에 스스로 생리활성 물질인 adipocytokine을 생성하고 분비하여 인슐린 저항성과 지질/탄수화물 대사, 면역기능, 염증반응, 혈관벽 및 혈압 유지 등에 인체의 항상성을 조절하는 중요한 역할을 한다[15]. 하지만 체내에 과도하게 지방이 축적된 상태에서는 염증반응이 심화되어 만성염증상태에 이르게 되고 당뇨병과 같은 대사적인 질환과 고혈압, 동맥경화, 관상동맥질환 등 주요혈관질환의 유병률을 높게 된다[17, 22]. 이러한 비만의 위험도를 예측하는 인자로 염증지표가 사용되고 있으며 c-reactive protein (CRP), interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor- α (TNF- α) 등이 대표적이다. CRP는 체내 조직의 괴사와 같은 질환에서 현저하게 증가하는 혈장 단백질의 한 종류로 관상동맥질환의 강력한 예후인자로도 알려져있으며[13], CRP 농도의 증가가 심근경색, 죽상동맥경화증, 심장마비 등의 위험성을 증가시키는 것으로 보고되고 있다[19].

*Corresponding author

Tel : +82-51-890-1546, Fax : +82-51-890-2643

E-mail : ysk2003@deu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

비만과 심혈관계 질환의 지표물질로 이용되고 있는 염증은 신체활동을 통하여 조절이 가능한 것으로 보고되고 있다. 운동의 형태와 강도에 따라 차이가 있지만 일반적으로 고강도의 일회성운동은 염증지표를 증가시키며, 규칙적인 운동은 비만의 개선과 염증지표의 감소에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다[14]. Shim 등[18]은 비만 중년남성을 대상으로 한 12주간의 저항성 운동을 통해 혈중 CRP를 감소시키며, 비만 여고생을 대상으로 한 16주간의 복합운동프로그램을 통해 혈중 CRP를 감소시키며 염증반응을 완화시켰다고 하였다[12]. 또한 복합트레이닝은 원활한 지방대사에 유리한 유산소 운동과 체중감량시 손실되기 쉬운 제지방량을 유지시켜주는 중량운동을 병행하여 실시하는 트레이닝 방법으로 비만의 개선효과와 그 효과를 지속시켜주는데 도움을 주는 것으로 보고되고 있다[1].

염증지표와 함께 심혈관질환의 위험인자로 homocysteine이 이용되고 있다. Homocysteine은 식이성 메티오닌의 탈메틸화에 의해 형성되며, 혈장에서 쉽게 산화되는 황화물인 아미노산이다. 심혈관질환과 연관성이 높은 고혈압, 당뇨병, 고지혈증 질환자의 경우 homocysteine의 농도가 상승되어 있으며, homocysteine 농도가 5 $\mu\text{mol/l}$ 증가하면 관상동맥경화증의 위험을 1.6~1.8배 증가시키고 뇌혈관질환의 위험을 1.5배 증가시키는 것으로 보고되고 있다[7, 16]. 또한 콜레스테롤이 정상수준인 사람들의 경우에도 혈중 homocysteine 농도가 높을 경우 관상동맥질환, 뇌혈관발작, 혈전색전증 등과 같은 질환의 발병률이 증가하는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구는 30대 중반의 비만남성을 대상으로 8주간의 복합트레이닝 처치를 통해 체중감량을 유도하여 염증지표(IL-6, TNF- α , CRP)와 심혈관질환의 지표(homocysteine)에 미치는 영향을 분석하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

연구대상

본 연구의 대상은 문진을 통하여 의학적으로 질환이 없고, 규칙적인 운동경험이 없는 체지방률 25% 이상인 30대 비만남성을 대상으로 선정하였다. 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

기본검사

기본검사로는 신장, 체중, 체지방(%body fat), 혈압, 최대산소섭취량(VO_{2max}), 1RM (1-repetition maximum)을 측정하였다. 체지방의 측정은 Inbody 330 (Biospace co., Korea)를 이용하여 생체저항측정법으로 측정하였다. 최대산소섭취량의 측정은 Meta Max 3B (Cortex co., Germany) 가스분석기를 이용하여 트레드밀(treadmill) Q65 (Quinton co., U.S.A.)에서 점층 운동부하검사를 실시하였다. 1RM의 측정은 bench press, lat pull down, arm curl, leg press, squat 기구(Panatta co., Italy)를 이용하여 상·하체 각 부위별 최대 근력을 측정하였다.

트레이닝방법

트레이닝의 처치는 트레드밀을 이용한 유산소운동과 기구를 이용한 중량운동으로 구성된 복합운동을 8주간 실시하였다. 중량운동은 기본검사에서 1RM 측정시 실시한 5개의 기구를 이용하여 1RM의 기준으로 10RM의 강도를 설정하여 종목당 2세트씩 실시하고, 유산소트레이닝은 Karvonen의 HRR 공식으로 최대심박수의 70%의 강도를 설정하여[10] 30분간 트레드밀에서 달리기 실시하였다. 유산소트레이닝 시 경사도는 0%로 설정했으며, 점진적으로 속도를 높여 운동시작 5분 안에 목표심박수에 도달할 수 있도록 하였고, 운동의 강도는 무선심박측정기(Polar Electro co., Finland)를 이용하여 $\pm 5\%$ 범위로 유지하였다. 복합트레이닝 전후에는 각 10분간 준비운동과 정리운동을 하였으며, 주당 4회의 빈도로 8주간 트레이닝을 하였다. 트레이닝 동안의 식이통제는 한국영양학회의 한

국인 영양섭취기준에 따라 30~49세의 일일 에너지 섭취추정량인 2,400 kcal를 초과하지 않도록 권장했으며, 대상자의 일일 에너지 섭취량은 식사일지를 작성하도록 하였다[20].

혈액검사

혈액은 트레이닝 전·후 체력측정 1시간 전에 충분한 안정을 취한 상태에서 채혈하였다. 혈청 IL-6는 Quantikine human IL-6 kit (R&B system Inc, Minneapolis, USA)을 사용하여 V-MAX 220V AC ELISA reader (Molecular Devices, USA)을 통해 비색법으로 분석하였고, 혈청 TNF- α 는 Quantikine human TNF- α kit (R&B system Inc, Minneapolis, USA)을 사용하여 V-MAX 220 V AC ELISA reader (Molecular Devices, USA)을 통해 비색법으로 분석하였다. 혈청 CRP는 Wt-CRP ADVIA 1650 kit (Bayer, USA)을 사용하여 ADVIA 1650 (Bayer, Japan)을 통해 분석하였으며, 혈장 총 homocysteine 농도는 Andersson 등[2]의 방법을 변형하여 측정하였다[21]. 총 homocysteine 농도는 Ezchrom software (Cambridge, England)를 이용하여 표준 아미노산의 농도를 기준으로 정량하였고, sample 전처리시 첨가 된 internal standard의 회수율로 보정해 주었다.

자료처리

본 연구에서 얻은 자료는 윈도우용 SPSS/PC+ Ver. 17.0K 통계 패키지를 이용하여 평균(means)과 표준편차(standard deviation)를 구하였다. 또한 트레이닝 전·후 염증지표(IL-6, TNF- α , CRP)와 심혈관질환의 지표인 homocysteine의 변화를 알아보기 위해 대응표본 T 검정(paired T-test)을 실시하였다. 통계적 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결과 및 고찰

체구성 및 체력지표

8주간의 복합트레이닝에 의한 체구성 및 체력지표의 변화는 Table 2와 같다. 8주간의 복합트레이닝에 의한 체중, 체지방, 체질량지수(BMI)의 변화는 트레이닝 전에 비하여 트레이닝 후에 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타났다($p < 0.01$, $p < 0.001$). 이와 같은 체구성의 확연한 변화는 지방을 직접적인 에너지 기질로 사용하는 유산소운동의 효과[11]와 지방을 직접적인 에너지 기질로 사용하지 않지만 근비대로 인한 기초대사량의 증가로 에너지소비를 높여 체중감량을 유도하는 중량운동의 효과[3]가 더해진 복합트레이닝의 긍정적인 효과라고 사료된다. 최대산소소섭취량, 1RM의 변화에서도 트레이닝 후에 통계적으로 유의한 증가를 나타냈다($p < 0.05$, $p < 0.01$). 이와 같은 결과는 복합트레이닝을 통해 체중감량의 효과와 체력지표에 긍정적인 영향을 미쳤다는 선행연구결과와 일치하며[1], 복합트레이닝의 강도와 빈도, 기간 등의 처치가 적절하게 이

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Characteristics	Values
N	12
Age (year)	35.50 \pm 2.68
Height (cm)	170.92 \pm 0.04
Weight (kg)	81.37 \pm 3.92
Body fat (%)	27.68 \pm 3.71

Values are given as means \pm S.D.

Table 2. Change of body composition and physical performance

Variable	8 weeks complex training		t-value
	pre	post	
Weight (kg)	81.38±3.92	79.48±3.49	3.519**
Body fat (%)	27.68±1.89	26.17±1.63	4.470***
BMI (kg/m ²)	27.86±1.14	27.22±1.15	3.511**
VO2max (ml/kg/min)	35.39±2.79	38.11±2.87	-4.341**
Bench press (kg)	268.33±18.99	277.50±25.63	-2.421*
Leg press (kg)	77.92±3.67	80.21±4.19	-2.930*

Values are given as means±S.D., * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Table 3. Change of IL-6, TNF- α, CRP, Homocysteine

Variable	8 weeks complex training		t-value
	pre	post	
IL-6 (pg/ml)	0.65±0.19	0.69±0.15	-1.217
TNF-α (pg/ml)	0.87±0.15	0.75±0.24	1.394
CRP (mg/l)	0.06±0.01	0.04±0.01	2.994*
Homocysteine (μmol/l)	14.57±2.20	11.79±2.82	2.438*

Values are given as means±S.D., * p<0.05

루어진 결과로 사료된다.

염증지표와 심혈관질환지표

8주간의 복합트레이닝에 의한 염증지표인 IL-6, TNF-α, CRP와 homocysteine의 변화는 Table 3와 같다. 혈중 염증지표인 CRP의 증가는 체지방증가, 인슐린저항성, 신체활동부족 등과 정적상관관계에 있고, 비만인에게 높게 나타나며 만성적인 염증상태를 반영하는 것으로 보고되고 있다[9, 17]. 8주간의 복합트레이닝에 의한 염증지표의 변화에서는 트레이닝 전에 비하여 트레이닝 후에 혈중 CRP의 농도가 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타났다(p<0.05). Bruun 등[4]은 27명의 고도비만 환자를 대상으로 15주간 운동과 식이처치를 한 결과 체중감량과 혈중 CRP를 감소시켰다는 본 연구와 일치하는 결과를 보였다. 이는 체중감량을 통한 체지방의 감소, 단핵구 세포의 감소, 혈관내피세포와 대식세포수의 감소 등으로 염증 촉진 매개체들의 생성이 감소한 결과로 사료된다. 하지만 IL-6, TNF-α는 통계적인 변화를 확인 할 수 없었다.

심혈관질환의 지표물질인 homocysteine은 트레이닝 전에 비하여 트레이닝 후에 통계적으로 유의하게 감소하였다(p<0.05). 트레이닝에 의한 혈중 homocysteine 감소의 기전은 규칙적인 운동이 혈관벽 전면을 자극하여 산화질소 생성을 증가시키고 내피기능을 향상시켜 섬유소계를 개선하여 혈소판 응집력을 감소시키며 나타난다는 주장이 일반적이며[5], 체중감량에 따른 체지방량 감소, 에스트로젠과 월경주기 변화에 의해 증가한다고 하였다[6]. Gelecek 등[8]은 장기간의 유산소운동에서 혈중 homocysteine의 변화를 확인하지 못했지만, 성인 남성을 대상으로 저항성운동을 실시한 연구에서는 혈중 ho-

mocysteine를 유의하게 감소 시켰다고 보고 하였다[23]. 이는 본 연구가 중량운동을 포함한 복합운동의 처치로 체중감량에도 불구하고 체지방량의 감소가 일어나지 않았기에 나타난 결과로 사료된다.

본 연구의 결과 유산소운동과 중량운동으로 구성된 8주간의 복합트레이닝을 통하여 체중감량과 혈중 CRP, homocysteine의 농도를 유의하게 감소시켰다. 이러한 결과는 8주간의 복합트레이닝의 강도와 빈도 등의 처치가 적절하게 이루어졌으며, 복합트레이닝으로 인한 체지방의 감소와 체지방량의 증가가 염증지표 CRP와 심혈관질환지표 homocysteine의 감소에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

References

1. American College of Sports Medicine. 2006. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*, 7th ed., Lippincott Williams & Wilkins: Baltimore, USA.
2. Andersson, A., Brattstrom, L., Isaksson, A., Israelsson, B. and Hultberg, B. 1989. Determination of homocysteine in plasma by ion-exchange chromatography. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* **49**, 445-449.
3. Brooks, G. A., Fahey, T. D. and Baldwin, K. M. 2005. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications*, 4th ed., McGraw-Hill Higher Education: New York, USA.
4. Bruun, J. M., Helge, J. W., Richelsen, B. and Stallknecht, B. 2006. Diet and exercise reduce low-grade inflammation and macrophage infiltration in adipose tissue but not in skeletal muscle in severely obese subjects. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* **290**, E961-967.
5. Duncan, G. E., Perri, M. G., Anton, S. D., Limacher, M. C.,

- Martin, A. D., Lowenthal, D. T., Arning, E., Bottiglieri, T. and Stacpoole, P. W. 2004. Effects of exercise on emerging and traditional cardiovascular risk factors. *Prev. Med.* **39**, 894-902.
6. Gallistl, S., Sudi, K. M., Cvirn, G., Muntean, W. and Borkenstein, M. 2001. Effects of short-term energy restriction and physical training on haemostatic risk factors for coronary heart disease in obese children and adolescents. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* **25**, 529-532.
7. Gaume, V., Mouglin, F., Figard, H., Simon-Rigaud, M. L., N'Guyen, U. N., Callier, J., Kantelip, J. P. and Berthelot, A. 2005. Physical training decreases total plasma homocysteine and cysteine in middle-aged subjects. *Ann. Nutr. Metab.* **49**, 125-131.
8. Gelecek, N., Teoman, N., Ozdirenc, M., Pinar, L., Akan, P., Bediz, C. and Kozan, O. 2007. Influences of acute and chronic aerobic exercise on the plasma homocysteine level. *Ann. Nutr. Metab.* **51**, 53-58.
9. Huang, C. J., Zourdos, M. C., Jo, E. and Ormsbee, M. J. 2013. Influence of physical activity and nutrition on obesity-related immune function. *ScientificWorldJournal* **2013**, 752071.
10. Karvonen, M. J., Kentala, E. and Mustala, O. 1957. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann. Med. Exp. Biol. Fenn.* **35**, 307-315.
11. Paik, I. Y. 2009. *Exercise and Energy Metabolism*, 2nd ed., Yonsei University: Seoul, Korea.
12. Park, K. Y. and Kim, J. S. 2013. The effects of exercise modalities on the apolipoprotein A-I, Apolipoprotein B and C-Reactive Protein in Obese High School Girls. *Exer. Sci.* **22**, 309-317.
13. Pasceri, V., Cheng, J. S., Willerson, J. T. and Yeh, E. T. 2001. Modulation of C-reactive protein-mediated monocyte chemoattractant protein-1 induction in human endothelial cells by anti-atherosclerosis drugs. *Circulation* **103**, 2531-2534.
14. Pedersen, B. K. 2006. The anti-inflammatory effect of exercise: its role in diabetes and cardiovascular disease control. *Essays Biochem.* **42**, 105-117.
15. Poulos, S. P., Hausman, D. B. and Hausman, G. J. 2010. The development and endocrine functions of adipose tissue. *Mol. Cell. Endocrinol.* **323**, 20-34.
16. Reeder, S. J., Hoffmann, R. L., Magdic, K. S. and Rodgers, J. M. 2000. Homocysteine: the latest risk factor for heart disease. *Dimens. Crit. Care Nurs.* **19**, 22-28.
17. Ridker, P. M., Rifai, N., Rose, L., Buring, J. E. and Cook, N. R. 2002. Comparison of C-reactive protein and low-density lipoprotein cholesterol levels in the prediction of first cardiovascular events. *N. Engl. J. Med.* **347**, 1557-1565.
18. Shim, S. Y., Kim, Y. M. and Ko, S. K. 2011. The effects of pilates on body composition, cholesterol, CRP and leptin in male obese adults. *Kor. J. Sports Science* **20**, 1301-1312.
19. Shoelson, S. E., Herrero, L. and Naaz, A. 2007. Obesity, inflammation, and insulin resistance. *Gastroenterology* **132**, 2169-2180.
20. The Korean Nutrition Society. 2010. *Dietary reference intakes for Koreans 2010*, The Korean Nutrition Society: Seoul, Korea.
21. Ueland, P. M., Refsum, H., Stabler, S. P., Malinow, M. R., Andersson, A. and Allen, R. H. 1993. Total homocysteine in plasma or serum: methods and clinical applications. *Clin. Chem.* **39**, 1764-1779.
22. Vieira, V. J., Valentine, R. J., Wilund, K. R., Antao, N., Baynard, T. and Woods, J. A. 2009. Effects of exercise and low-fat diet on adipose tissue inflammation and metabolic complications in obese mice. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* **296**, E1164-1171.
23. Vincent, H. K., Bourguignon, C. and Vincent, K. R. 2006. Resistance training lowers exercise-induced oxidative stress and homocysteine levels in overweight and obese older adults. *Obesity (Silver Spring)* **14**, 1921-1930.

초록 : 복합트레이닝이 비만남성의 염증지표와 homocysteine에 미치는 영향

진찬호¹ · 광이섭^{2*}

(¹한서대학교 레저게이밍학과, ²동의대학교 체육학과)

본 연구는 30대 비만 남성을 대상으로 복합트레이닝 처치가 염증지표와 심혈관질환의 지표물질인 homocysteine에 미치는 영향을 규명하는데 목적이 있다. 본 연구의 대상자는 체지방률이 25% 이상인 30대 중반의 비만 남성(n=12)으로 의학적 질환이 없고, 규칙적인 운동경험이 없는 자를 선정하였다. 본 연구의 목적을 달성하기 위하여 기본검사로 최대산소섭취량(VO_{2max})과 5가지 기구의 1RM을 측정하였고, 이 결과를 토대로 유산소운동과 중량운동으로 구성된 복합트레이닝을 8주간 실시하여 트레이닝 전과 후에 체구성(체중, 체지방, BMI)과 혈액 내 염증지표(IL-6, TNF- α , CRP) 및 homocysteine의 변화를 분석하였다. 그 결과, 8주간의 복합트레이닝은 체중, 체지방, BMI를 유의하게 감소시켰으며($p < 0.01$), 염증지표 CRP와 심혈관질환지표 homocysteine을 유의하게 감소시켰다($p < 0.05$). 따라서 8주간의 복합트레이닝 처치를 통해 체구성의 변화를 확인할 수 있었고, 이러한 변화가 염증지표와 심혈관질환지표에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.