

10,000 Lux의 풀스펙트럼 조사와 저강도 유산소 운동이 흰쥐의 혈중 지질에 미치는 영향

송광섭

경상대학교 교육연구원

The Effect of Full Spectrum and Low Intensity Aerobic Exercise on Plasma Lipid in Rats

Kwang-Seop Song

Education Research Institute, Gyeongsang National University, Jinju, Korea

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate the effect of full spectrum and low intensity aerobic exercise on plasma lipid in rats aged 4 weeks.

METHODS: Male sprague-Dawley (SD) rats were randomly assigned into four groups (n=9, in each group), control group (CG), exercise group (EG), full spectrum group (IG), and full spectrum+exercise group (EIG). Rats in EG were subjected to treadmill exercise (5 day/week, 30 min/day), IG rats exposure (5 day/week, 30 min/day, 10,000 Lux), EIG rats subjected to treadmill exercise in combination with exposure, and CG rats reminded sedentary over four weeks period.

RESULTS: TC level was CG 131.71 mg/dL, EG 125.42 mg/dL, IG 126.22 mg/dL, EIG 114.50 mg/dL, there were significant differences among ($F=5.139, p=.007$). As a post-hoc result, CG, EG, IG, and EIG showed that a significant difference. TG level was CG 77.86 mg/dL, EG 52.86 mg/dL, IG 65.43 mg/dL, EIG 58.75 mg/dL, there were significant differences among ($F=3.317, p=.043$). As a post-hoc result, CG, IG, and EG, EIG showed that a significant difference. HDL-C level was CG 84.57 mg/dL, EG 82.00 mg/dL, IG 82.14 mg/dL, EIG 77.63 mg/dL, there were not significant differences among ($F=1.634, p=.207$). LDL-C level was CG 31.57 mg/dL, EG 32.86 mg/dL, IG 31.00 mg/dL, EIG 25.13 mg/dL, there were significant differences among ($F=3.762, p=.023$). As a post-hoc result, CG, EG, IG, and EIG showed that a significant difference.

CONCLUSIONS: It is concluded that (a) TC level was significantly reduced only in the EIG, (b) TG level was significantly reduced EG and EIG, (c) HDL-C level was not statistically significant change, (d) LDL-C level was significantly reduced only in the EIG ($F=3.762, p=.023$).

Key words: Full spectrum, Low intensity aerobic exercise, Plasma lipid

서론

성장기의 비만에 따른 지방세포 수 증가는 혈중지질 또는 지단백의 변화와 밀접한 관련이 있고, 성장기에 높은 혈중지질 수준을 보였던 아동은 성인기에도 계속 높은 상태의 혈중 지질을 유지한다는 보고가

있다[1]. 과거에 비해 식생활과 생활습관이 변화하면서 고지방 식이와 활동량 감소로 인해 성인뿐 아니라 성장기에 있는 아동들도 비만과 고지혈증 등으로 건강을 위협받고 있는 실정이다.

혈액 중 지방성분이 과도하게 축적된 고지혈증은 혈관에 경화성 병변을 일으키는데, 지단백질의 형성, 운반 및 분해과정에 이상이 생겨

Corresponding author: Kwang-Seop Song Tel +82-55-573-2718 Fax +82-55-572-9124 E-mail 0324sks@hanmail.net

Keywords 풀스펙트럼, 저강도 유산소운동, 혈중지질

Received 27 Dec 2015 Revised 15 Feb 2016 Accepted 21 Mar 2016

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지단백질 대사가 정상적으로 이루어지지 못해 동맥 내강이 좁아지면서 혈류장애로 협심증, 심근경색증, 뇌경색증과 같은 심각한 질환을 유발한다[2]. 발병기전은 혈관 내피세포의 반복적 자극이 내피 세포의 손상을 초래하여 순환 혈액 내 단핵구(monocyte)가 손상된 대식세포(macrophage)로 변환 후 주변의 지질 섭취를 통해 포발 세포(foam cell)가 된다. 한편 노출된 내피세포 부분에서는 단핵구와 혈소판이 부착되면서 미세혈전이 형성되고, 주변 세포들에서는 성장인자와 cytokine이 분비된다. 또한 혈관벽 중간층에 많이 존재하는 평활근 세포(smooth muscle cell)의 이동과 증식으로 주변의 결합조직과 지단백이 침착된다. 대식세포와 평활근 세포들이 저밀도 지단백 콜레스테롤(LDL-C)의 침식을 되풀이하면서 섬유반(fibrous plaque)을 형성하고 혈관 내경은 더욱 좁아지게 된다[3].

규칙적이고 지속적인 유산소 운동은 지단백 분해효소(LPL)를 활성화시켜 혈액 중 중성지방(TG)을 분해하고 호르몬감수성 리파아제는 조직의 TG를 분해하게 된다. 그뿐만 아니라 혈청 TC, LDL-C의 감소와 HDL-C의 증가로 고지혈증을 비롯하여 심혈관계 질환의 예방 및 치료에 도움을 준다. HDL-C는 동맥경화의 예방인자로 알려져 있는데, 지속적인 운동은 지단백 분해효소(LPL)를 활성화하여 VLDL, chylomicron의 가수분해를 촉진시켜 HDL-C의 증가를 촉진한다[4,5]. 즉, 지구성 운동은 체내 유리지방산 이용도와 산화를 촉진시키고 근육세포 내 미토콘드리아 수와 크기를 증가시킴으로써 유산소적 ATP 생산 능력과 지방산 산화능력을 향상시키게 되는 것이다[6]. 또한 탄수화물과 지질의 산화비율에도 영향을 미치는데 안정 시 54%와 27%이던 것이 1시간 운동 후에 46%와 73%로 변화하여 지질의 운동성 에너지로의 전환을 증가시킨다[7].

빛, 즉 태양광은 동물과 식물을 포함한 모든 생명체의 성장과 생존에 필수적인 요소이다. 식물은 태양으로부터의 빛을 통해 광합성 작용이 이루어져 스스로 생존해 나가는 데 필요한 양분을 생산하며, 길이와 부피 생장이 이루어진다. 동물은 외부로부터 섭취하는 양분에 의해 생장이 이루어지는 것처럼 보이지만 사실 태양으로부터 얻은 빛이 눈의 망막이나 피부에 작용해 신체의 안정적인 평형 유지와 성장에 필요한 물질들을 합성해 내고 있는 것이다. 이러한 빛은 뇌의 생화학적 변화에도 관여해 인간의 감정조절에 영향을 미치기도 하고, 망막을 통한 주기적 반응 감지로 신경성장 인자의 발현을 증가시키기도 한다. 태양으로부터의 자외선은 활성산소를 유발하기도 하지만 자외선 A부터 원적외선 영역까지 모든 파장을 포함하는 풀스펙트럼은 자외선으로 인한 흥반 반응을 억제하고 EGF, TGF의 발현을 도와 피부세포 회복을 촉진하는 등 생물학적으로 긍정적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다 [8]. 이토록 중요하고 인간의 생존에 필수적인 태양광을 현대인들을 미적인 이유와 피부질환 등의 이유로 꺼려하고 있는데, 야외 활동의 기회 감소로 햇빛에 노출이 적은 요즘 아이들에게 빛의 효과를 검증하

는 것은 시사하는 바가 크다고 할 수 있다[9-11].

혈중 지질에 관한 연구는 주로 운동의 종류와 강도를 독립변인으로 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 태양과 유사한 파장을 가지는 풀스펙트럼을 혈중지질에 영향을 미치는 새로운 변인으로 설정하여, 성장기의 흰쥐를 대상으로 운동과 풀스펙트럼의 조사가 혈중지질 수준에 미치는 영향을 규명하는 데 본 연구의 목적을 두었다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에 사용된 실험동물은 생후 4주된 수컷 Sprague-Dawley 계열의 흰쥐 36마리로, (주)코아텍으로부터 분양받아 1주간 트레이드밀과 사육환경에 적응시킨 후 실험에 사용하였다. 집단의 구분은 Table 1과 같이 하였으며 개체 식별을 위해 색소 도포법을 이용하였다.

2. 실험 설계 및 절차

1) 사육방법

G 대학의 동물실험윤리위원회의 승인을 얻어 동물실험실습실의 청정사육실을 이용하여 사육하였으며 명암 주기는 06:00-18:00를 명기로 18:00-06:00를 암기로 설정하였다. 사육실의 온도는 23°C±3°C, 습도는 60±10%로 유지하며 자유 급식 하여 사료와 물이 부족하기 전에 미리 충분한 양을 보충하였다. 사료는 (주)harlan의 제품을 사용하였으며 성분의 구성은 Table 2와 같다.

2) 실험절차

실험대상을 분양받아 통제군(CG), 운동군(EG), 빛 조사군(IG), 복합

Table 1. Classification of groups in this study

Group	N	Treatment	Weight (g)
Control group (CG)	9	Not treatment	185±8.25
Exercise group (EG)	9	Treadmill exercise	182.33±6.58
Irradiation group (IG)	9	Light irradiation	182±5.77
Exercise+Irradiation (EIG)	9	Exercise and Light	183.44±6.37

Table 2. Meal composition for subjects

Ingredient	% of diet
Protein	18.20
Fat	6.13
Fiber	3.66
Moisture	12.40
Ash	5.30
Calcium	0.96
Phosphorus	0.75
Carbohydrate	52.60

Table 3. Aerobic exercise program

Speed (m/min)	2	5	8
Time (min)	5	5	20

처치군(EIG)의 4그룹으로 분류하였다. 통제군은 아무런 처치를 하지 않고 사육실에 두었으며 운동군은 저강도의 트레드밀 운동을 실시하였고, 빛 조사군은 별도의 케이지로 옮겨 30분간 10,000 Lux의 풀스펙트럼을 조사하였으며, 운동+빛 조사군은 운동하고 있는 트레드밀 위로 인공태양 조명을 설치해 빛을 조사 받으며 운동을 할 수 있도록 하였다.

3) 트레드밀 운동

본 실험에 사용된 소형동물용 트레드밀은 너비 12 cm, 높이 10 cm, 길이 1 m의 레인이 10개로 구성되어 있어 최대 10마리까지 한 번에 운동할 수 있는 제품(PARK TECH, Korea)으로 속도는 0-39 m/min, 경사도는 0°-30°로 조절이 가능하였다. 운동 프로그램은 Bedford et al. [12]의 연구를 참고하여 Rat의 저강도 유산소 운동(45-50% VO₂max)에 해당하는 운동 프로그램을 적용하였다. 구체적인 점증적인 부하 운동 방법으로는 경사도 0%에서 초기 5분간은 2 m/min 속도로 운동 하다가 그 다음 5분간은 5 m/min 속도로, 그리고 8 m/min 속도에서 20분간, 하루 일회씩 총 30분간 주 5회에 걸쳐 정해진 시간동안 4주간 운동을 실시 하였다. 풀스펙트럼과 운동의 복합처치군에도 동일한 강도의 운동 프로그램을 적용하였다(Table 3).

4) 풀스펙트럼 조사

본 연구에서 빛 조사를 위해 사용된 조명기기는 인공태양 자연광램프라는 제품으로 태양에 의한 스펙트럼 곡선과 유사한 빛을 낼 수 있도록 만들어진 풀 스펙트럼 방식의 광원으로 조도 10,000 lux까지 빛을 조사할 수 있으며 색온도 91%, 연색지수 91로 태양광 대비 91%에 근접하는 인공태양근접광원(PHILIPS 55W PL-L, Poland)이다.

3. 시료 채취 및 측정 방법

1) 시료 채취

마지막 훈련이 끝나고 24시간 동안 안정을 취한 후 희생되기 전 6시간 동안 금식을 시켜 공복을 유지하였다. Zoletil (10 mg/kg)을 복강에 주사하여 마취시킨 후 흉강을 열어 heart punching하여 좌심실에서 5 mL의 혈액을 채취하였다. 분석 항목에 따라 Serum과 Plasma를 별도로 채취하였다. Serum은 blood를 SST tube에 채혈한 후 Clotting하기 위해 30분 실온 방치한 후 3,000 rpm에서 10분 동안 원심분리하고 혈청 분리관에 serum을 옮겨 실험하기까지 -20°C 이하에 보관하였다. Plasma는 blood를 EDTA tube에 채혈하고 충분히 mixing 후 즉시

3,000 rpm에서 10분동안 원심분리 후 상청액(Plasma)을 혈청 마이크로튜브에 즉시 옮긴 후 실험하기까지 -20°C 이하에 보관하였다.

2) 측정 방법

혈액 검사를 통해 혈중 지질 성분을 분석하였으며 자세한 방법은 다음과 같다. Total-cholesterol (TC)은 CHOL kit (Roche, Germany)를 이용해 Enzomatic Colorimetric Assay법에 의해, Triglyceride (TG)는 TG kit (Roche, Germany)를 이용해 Enzomatic Colorimetric Assay법에 의해, High Density Lipoprotein-cholesterol (HDL-C)은 HDL-C Plus 3rd generation kit (Roche, Germany)를 이용해 Enzomatic Colorimetric Assay법에 의해 측정하였으며, Low Density Lipoprotein-cholesterol (LDL-C)은 Friedewald et al. [13]의 공식[LDL-C = TC - (HDL-C + TG/5)]을 이용하여 계산하였다.

4. 자료처리 방법

측정된 자료는 PASW 18.0 프로그램을 이용하여 통계처리하였다. 기술 통계학적 분석을 통해 각 집단의 평균(mean) 및 표준편차(standard deviation)를 산출하였다. 실험 처치에 따른 집단 간 TC, TG, HDL-C, LDL-C의 차이를 알아보기 위하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고 유의한 차이가 있을 경우, LSD를 이용하여 사후검정을 실시하였다. 이때 유의수준은 α = .05로 설정하였다.

연구 결과

1. TC의 변화

TC를 측정된 결과는 Table 4 및 Fig 1 같다. 통제군은 131.71 mg/dL, 운동군은 125.42 mg/dL, 풀스펙트럼 조사군은 126.22 mg/dL, 운동과 풀스펙트럼 조사의 복합 처치군은 114.50 mg/dL로 집단 간 유의한(p = .007) 차이를 보였으며, 사후검정 결과 복합처치군과 통제군, 운동군, 풀스펙트럼 조사군 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

2. TG의 변화

TG를 측정된 결과는 Table 5 및 Fig 2와 같다. 통제군은 77.86 mg/dL, 운동군은 52.86 mg/dL, 풀스펙트럼 조사군은 65.43 mg/dL, 운동과 풀스펙트럼 조사의 복합처치군은 58.75 mg/dL로 집단 간 유의한(p = .043) 차이를 보였으며, 사후 검정 결과 통제군과 운동군 간에, 통제군과 복합처치군 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

3. HDL-C의 변화

HDL-Cholesterol을 측정된 결과는 Table 6 및 Fig 3과 같다. 통제군은 84.57 mg/dL, 운동군은 82.00 mg/dL, 풀스펙트럼 조사군은 82.14 mg/dL

Table 4. Comparison between groups in TC (mg/dL)

Group	M±SD	F	p	Post-hoc (MC)
CG	131.71±10.47			
EG	125.42±8.27	5.139	.007	CG, EG, IG>EIG
IG	126.22±8.60			
EIG	114.50±7.66			

CG, control group; EG, exercise group; IG, light irradiation group; EIG, exercise & light irradiation group; MC, multiple comparison.

Table 5. Comparison between groups in TG (mg/dL)

Group	M±SD	F	p	Post-hoc (MC)
CG	77.86±17.85			
EG	52.86±17.84	3.317	.043	CG>EG, EIG
IG	65.43±16.95			
EIG	58.75±11.57			

CG, control group; EG, exercise group; IG, light irradiation group; EIG, exercise & light irradiation group; MC, multiple comparison.

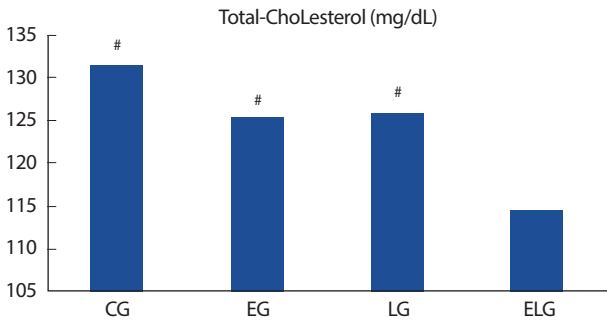


Fig. 1. TC concentration of each group. #: $p<.01$, significant difference compared to the ELG.

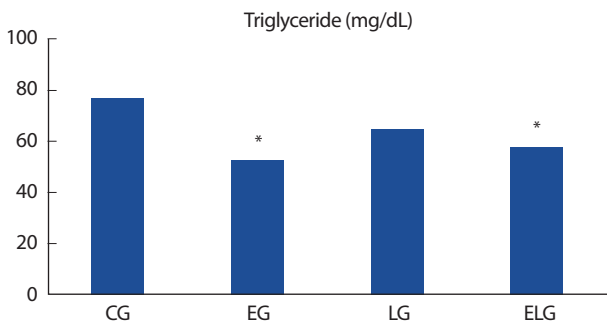


Fig. 2. TG concentration of each group. *: $p<.05$, significant difference compared to the CG.

dL, 운동과 인공태양 조사의 복합처치군은 77.63 mg/dL로 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다.

4. LDL-C의 변화

LDL-Cholesterol을 측정된 결과는 Table 7 및 Fig 4와 같다. 통제군은 31.57 mg/dL, 운동군은 32.86 mg/dL, 폴스펙트럼 조사군은 31.00 mg/

Table 6. Comparison between groups in HDL-Cholesterol (mg/dL)

Group	M±SD	F	p	Post-hoc (MC)
CG	84.57±6.63			
EG	82.00±6.45	1.634	.207	NS
IG	82.14±6.96			
EIG	77.63±4.89			

CG, control group; EG, exercise group; IG, light irradiation group; EIG, exercise & light irradiation group; MC, multiple comparison; NS, not significant.

Table 7. Comparison between groups in LDL-Cholesterol (mg/dL)

Group	M±SD	F	p	Post-hoc (MC)
CG	31.57±4.42			
EG	32.86±4.80	3.762	.023	CG, EG, IG>EIG
IG	31.00±4.08			
EIG	25.13±5.86			

CG, control group; EG, exercise group; IG, light irradiation group; EIG, exercise & light irradiation group; MC, multiple comparison.

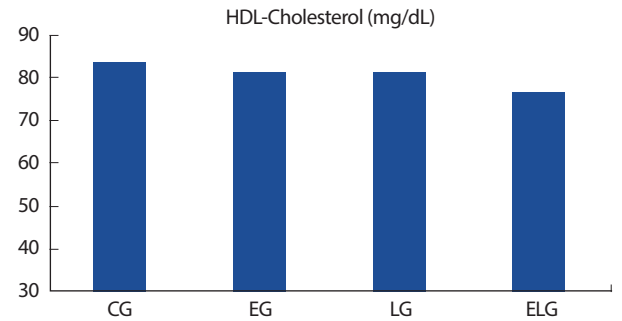


Fig. 3. HDL-Cholesterol concentration of each group.

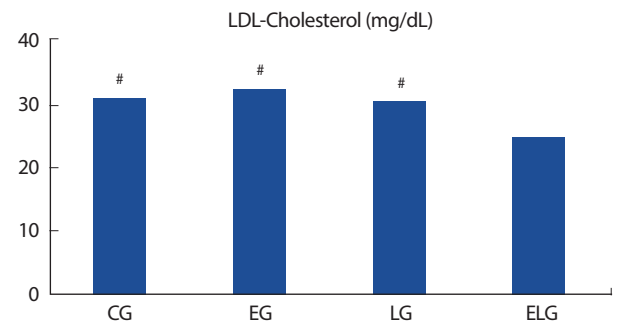


Fig. 4. LDL-Cholesterol concentration of each group. #: $p<.05$, significant difference compared to the ELG.

dL, 운동과 폴스펙트럼 조사의 복합처치군은 25.13 mg/dL로 집단 간 유의한($p=.023$) 차이를 보였으며, 사후검정 결과 복합처치 집단은 통제군, 운동군, 폴스펙트럼 조사군과 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

논 의

유산소 대사과정에 있어 지질대사의 효율성은 지구성 운동 수행능력의 커다란 지표이다. Linda et al. [14]에 의하면 운동은 미토콘드리아 밀도를 높여 지방산의 산화를 증가시킨다고 했는데 이는 운동 중 글리코겐 합성을 감소시키고 지방의 이화작용을 증가시키기 위한 생리적 적응에 기인한다고 하였으며 유산소성 트레이닝은 운동 에너지로의 지방 동원을 증가시키고 LPL 및 β - 산화를 조절하는 효소들의 활성을 증가시킨다고 하였다.

본 연구에서는 TC를 측정한 결과 통제군은 131.71 mg/dL, 운동군은 125.42 mg/dL, 폴스펙트럼 조사군은 126.22 mg/dL, 운동과 폴스펙트럼 조사의 복합처치군은 114.50 mg/dL로 집단 간 유의한($p=.007$) 차이를 보였으며, 사후검정 결과 복합처치군과 통제군, 운동군, 폴스펙트럼 조사군 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 운동과 빛의 단독 처치는 통제집단보다 총 콜레스테롤의 감소를 가져오기는 하였으나 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 그에 반해 운동과 폴스펙트럼 조사의 복합처치군은 통제군뿐만 아니라 운동군, 폴스펙트럼 조사군에 비해 유의한 차이를 보여 운동과 빛의 복합처치가 성장기에 있는 정상 체중 흰쥐의 혈중 총 콜레스테롤의 감소에 매우 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 유산소 운동 적응에 의해 TC의 감소를 보고한 연구[4,15-19]와는 상반된 결과였지만 유산소 운동 결과 TC의 유의한 감소를 보이지 않은 Ryu et al. [2], Lee et al. [6], Lee et al. [20], Kim et al. [21], Baek et al. [22], Lee et al. [23]과는 유사한 결과를 나타냈다. 또한 운동과 함께 Hesperetin을 투여한 Lee et al. [24]과 DHEA를 함께 투여한 Kim et al. [25]의 연구에서 운동만으로는 TC의 감소가 나타나지 않았지만, 복합처치 집단에서는 TC의 유의한 감소를 나타내 본 연구와 유사한 경향을 나타냈다.

TC는 운동 강도와 시간, 성별, 식이 등 다양한 요인에 의해 영향을 받기 때문에 여러 연구의 결과에 차이가 있으며 운동만으로는 TC의 감소가 일어나지 않지만 복합처치군은 유의한 감소를 나타내는 것은 운동 이외에 처치된 다른 변인이 콜레스테롤의 생합성과 효소와 호르몬 분비에 영향을 미치기 때문으로 사료된다[20,23,25].

TG는 자연계에 존재하는 지질의 90% 이상을 차지하는 가장 흔한 지질로서 지방세포와 골격근계에 위치하고 있으며, 체내에서 유산소 대사에 의해 ATP를 생산할 수 있는 에너지원으로 이용된다. 또한 지질 분해효소인 리파아제의 촉매로 유리지방산과 글리세롤로 가수분해되며 혈액 속으로 방출되어 지방산이 혈중 농도가 증가하면 조직으로 운반되는 지방산 양도 증가되고 산화하는 지방산 양도 증가하여 체지방량이 감소되므로 운동 시 중요한 에너지원으로 작용한다[26].

본 연구에서는 TG를 측정한 결과 통제군은 77.86 mg/dL, 운동군은 52.86 mg/dL, 폴스펙트럼 조사군은 65.43 mg/dL, 운동과 인공태양 조

사의 복합처치군은 58.75 mg/dL로 집단 간 유의한($p=.043$) 차이를 보였으며, 사후검정 결과 통제군과 운동군 간에, 통제군과 복합처치군 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

TG는 지방 조직의 95%를 차지하며, 일반적으로 유산소성 운동에 의해 감소하는 것으로 알려져 있고 본 연구에서도 유산소 운동만으로는 TG의 유의한 감소를 보였다. 이는 유산소 운동에 의해 TG의 감소를 나타내지 않은 연구[2,6,21-23,28]와는 상반된 결과였지만 유산소 운동에 의해 TG의 감소를 나타낸 연구[4,16,18,19,24,25]와는 유사한 결과였다.

운동군은 통제군에 비해 TG의 유의한 감소를 보였으나 폴스펙트럼 조사군은 통제군과 유의한 차이를 보이지 않았다. 복합처치군은 통제군과 유의한 차이를 보이는 하였으나 운동군보다 높은 TG의 수치를 보였다. 이를 통해 볼 때 폴스펙트럼의 조사는 성장기 정상 체중 흰쥐의 TG에 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었다. 또한 복합처치군의 TG 감소도 운동처치에 의한 효과로 폴스펙트럼 조사와는 관계가 없는 것으로 사료된다. 이는 폴스펙트럼 조사만으로는 항산화효소의 활성이 유의하게 높아지지 않은 Song et al. [8]의 연구와 유사한 결과였다. 또한 Hesperetin과 DHEA의 단독 처치만으로는 TG의 감소가 나타나지 않은 연구[24,25]와도 맥락을 같이 했다.

HDL-C는 체내 콜레스테롤 축적을 막는 기능을 가지고 있기 때문에 동맥경화성질환 예방인자, 항콜레스테롤인자 또는 장수인자라 부른다. HDL-C수준이 운동에 의해 증가되는 기전은 트레이닝을 통해 혈장내의 LPL가 활성화되어 chylomicron, VLDL 내의 콜레스테롤이 HDL로 전환되는 비율이 증가되고 HTGLA가 억제됨으로써 HDL의 catabolism이 낮아지기 때문이고 HDL-C의 혈장내 유입이 증가하기 때문이다[21].

본 연구에서는 HDL-콜레스테롤을 측정한 결과 통제군은 84.57 mg/dL, 운동군은 82.00 mg/dL, 폴스펙트럼 조사군은 82.14 mg/dL, 운동과 폴스펙트럼 조사의 복합처치군은 77.63 mg/dL로 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 이를 통해 운동처치와 폴스펙트럼 조사, 운동과 폴스펙트럼의 복합처치 모두 정상 체중 흰쥐의 혈중 HDL-C에 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었다. 이는 다른 혈중 지질에 비해 HDL-C에서 유의한 변화를 보이지 못한 연구[2,18,21,22,28]와 유사한 결과였다.

빛과 운동이라는 처치를 통해 항산화효소와 신경영양인자, 세로토닌 등을 연구한 Kwon et al. [10,11]과 Song et al. [8]에서는 운동 또는 빛의 단독처치에서 효과가 없는 경우도 빛과 운동의 복합처치 시에는 유의한 효과가 나타난다고 보고하고 있어, 폴스펙트럼과 운동의 복합처치에도 HDL-C의 증가를 나타내지 않은 본 연구 결과와 차이를 보였다. 또한 HDL-C 농도는 에너지 소비량에 비례하기 때문에 낮은 강도의 운동으로는 혈중 지단백질 수준에 변화를 가져 올 수는 없다고 하

었고, 식이조절, HDL-C의 초기농도와 LPL 및 간 Lipase 활성 정도, 유전과 환경 등의 복합적인 영향을 받는다고 하였다[17]. Baek et al. [22]은 12세 미만의 정상체중 어린이에서는 운동 처치에 의한 HDL-C의 농도 변화가 큰 의미를 가지지 못한다고 하였다. 이는 혈중 HDL-C의 농도를 높이는 데 필요한 운동의 강도와 지속 시간, 빛의 종류, 대상자의 연령, 지질상태 등이 규명되어야 함을 시사했다.

LDL-C은 일반적으로 혈관의 죽상을 형성하는 요인으로 심혈관질환의 강력한 예측인자로 분류되며, 고지방식으로 증가한다고 알려져 있다. 이러한 LDL-C의 감소는 유산소성 운동에 의해 그 생상이 억제되는데, lecithin-cholesterol acyltransferase의 활성도가 증가되고 유리지방산의 산화와 흡수가 LDL의 생상을 억제하기 때문이다[23].

LDL-Cholesterol을 측정할 결과 통제군은 31.57 mg/dL, 운동군은 32.86 mg/dL, 폴스펙트럼 조사군은 31.00 mg/dL, 운동과 폴스펙트럼 조사의 복합처치군은 25.13 mg/dL로 집단 간 유의한($p=.023$) 차이를 보였으며, 사후검정 결과 복합처치 집단은 통제군, 운동군, 폴스펙트럼 조사군과 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 운동군과 폴스펙트럼 조사군은 통제군과 유의한 차이를 보이지 않아 운동과 폴스펙트럼의 단독 처치는 정상체중 흰쥐의 혈중 LDL-C에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 그에 반해 운동과 폴스펙트럼 조사의 복합처치군은 통제군뿐만 아니라 운동군, 폴스펙트럼 조사군과 유의한 차이를 보여 운동과 빛의 복합처치가 성장기에 있는 정상 쥐의 혈중 LDL-C의 감소에 매우 효과가 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 유산소 운동에 의해 LDL-C의 감소를 보고한 연구[2,4,18,19,24]와는 상반된 결과연구를 나타냈으나, 유산소 운동에 의한 LDL-C의 변화를 보고하지 않은 [15,17,23,24,28]와는 유사한 결과를 나타냈다. 또한 유산소 운동과 Hesperitin, 감초추출물, DHEA의 복합처치를 통해서만 LDL-C의 감소를 보고한 연구[2,24,25]와는 매우 유사한 경향을 나타냈다. 빛과 유산소 운동을 통해 항산화효소, 신경영양인자, 세로토닌 등을 연구한 Kwon et al. [10,11]과 Song et al. [8]에서 빛과 운동의 복합처치가 운동군이나 빛 조사군보다 더 유의한 변화를 나타낸 것과 관련해 시사하는 바가 크다.

폴스펙트럼 조사와 유산소 운동만으로는 LDL-C의 감소를 유발할 수 있는 기전이 작용되지 못하지만 규칙적인 유산소 운동과 함께 제공되었을 때는 혈류량과 모세혈관의 교환량을 더욱 증가시켜 관상동맥의 혈류량을 증가시키고, 지단백 대사에 관여하는 효소의 분비 자극으로 지방 합성과 분해에 영향을 미치기 때문에 복합처치에 따른 LDL-C의 감소가 나타나는 것으로 사료된다[29,30].

결론

본 연구는 성장기에 있는 정상체중 흰쥐에 유산소 운동과 폴스펙트

럼(인공태양) 조사를 통해 혈중 지질에 미치는 영향을 파악하여 빛과 운동이 성장기에 있는 청소년들에게 어떤 영향을 미치는지를 추측해 보고자 실행되었다.

TC에 있어서는 운동군(EG), 폴스펙트럼 조사군(IG), 복합처치군(EIG) 모두 통제군(CG)에 비해 낮은 수치를 보였으나, 통계적으로는 복합처치군(EIG)이 다른 모든 집단에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 이를 통해 운동과 폴스펙트럼의 상호작용이 혈중 TC 수치를 낮추는데 효과가 있음을 알 수 있었다.

TG에 있어서는 운동군(EG)과 복합처치군(EIG)이 통제군(CG)에 비해 유의하게 낮은 수치를 보였으나, 폴스펙트럼 조사군(IG)과 통제군(CG) 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이를 통해 운동은 TG감소에 영향을 미치나 폴스펙트럼 조사는 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었다.

HDL-C에 있어서는 집단 간에 유의한 차이를 보이지 않아 운동과 폴스펙트럼, 운동과 폴스펙트럼의 복합처치가 혈중 HDL-C에 영향을 미치지 못함을 알 수 있었다.

LDL-C에 있어서는 운동군(CG)과 폴스펙트럼 조사군(IG)은 통제군(CG)과 유의한 차이를 보이지 않았지만, 복합처치군(EIG)은 나머지 세 집단과 모두 유의한 차이를 나타냈다. 이를 통해 운동과 폴스펙트럼이 상호작용을 통해 혈중 LDL-C의 감소에 효과가 있음을 알 수 있었다.

REFERENCES

1. Seo YH. Influences of aerobic exercise on women university students lipid in blood and body fat. *Korean Sport Research* 2005;16(4):433-440.
2. Ryu SP, Kwon TD, Yeo TG, Kim BS, Lee SC. Effects of licorice-root-extracted food components ingestion on blood lipids concentration during exercise in rats. *The Korean Journal of Physical Education* 2006;45(1):707-713.
3. Levie CJ, Milani RV. Factors Predicting Improvements in lipid Value following cardiac rehabilitation and exercise training. *Archives of Internal Medicine* 1993;153(8):982-988.
4. Ko KJ. The effect of diet control and swimming exercise on serum lipid metabolism in cholesterol diet rats. *Korea Sport Research* 2003; 14(6):2099-2018.
5. Stamford BA. Exercise and the elderly. *Exercise and Sport Science Reviews* 1988;16:341-379.
6. Lee HH, Oh MJ, Min DS, Kim JO, Park ST, et al. Effect of treadmill exercise on plasma lipid profile and leptin concentrations in high-fat fed rats. *Korean Journal of Physical Education* 2005;44(5):507-518.

7. Jenkins R, Goldfarb A. Introduction: ox-dant stress, aging, and exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1993;25(2):210-212.
8. Song KS, Kwon SJ, Kwon SO. The effect of low Intensity treadmill exercise and full spectrum irradiation on antioxidant enzyme in rats. *Exercise Science* 2014;23(2):159-169.
9. Elyes DW, Burne TH, McGrath JJ. Vitamine D, effects on brain development, adult brain function and the links between low levels of vitamine D and neuropsychiatric disease. *Frontiers in Neuroendocrinology* 2013;34(1):47-64.
10. Kwon SJ, Song KS, Kwon SO. Effects of treadmill exercise and bright Light on serotonin expression in rat brain. *Korean Journal of Sport Science* 2014;25(2):193-201.
11. Kwon SJ, Song KS, Kwon SO. The effects of combined exercise treatment on PSD98-NMDA Receptor and Glial Cell Line-Derived Neurotrophic Factor in Rat hippocampus. *Korean Journal of Physical Education* 2014;53(2):509-522.
12. Bedford TG, Tipton CM, Wilson NC, Oppliger RA, Gisolfi CV. Maximum oxygen consumption of rats and its changes with various experimental procedures. *Journal of Applied Physiology* 1979;47(6):1278-1283.
13. Friedewald WT, Levy RY, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low-intensity lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry* 1972;18(6):499-502.
14. Linda ML, Serge P, Joseph A, Joseph MK, Sara AC, et al. Lipid and lipoprotein profiles, cardiovascular fitness, body, composition, and diet during and after resistance, aerobic and combination training in young women. *European Journal of Applied Physiology* 2000;82(5-6):451-458.
15. Kim JW, Kim JS, Jung ST, Oh KH, Lee MY, et al. The effects of combined exercise program on body composition and blood lipids of obese middle school boys. *The Korea Journal of Growth and Development* 2010;18(4):279-284.
16. Kim JW, Lee YK, Jeon BD, Jeon HR, Seo HB, et al. Effects of tannic acid ingestion and exercise training on blood lipids and MDA content, SOD activity in rats. *Korean Journal of Physical Education* 2008; 47(6):793-799.
17. Kim SY, Kim HJ, Lee YS. Effects of order of combined training on body composition, plasma lipids, and stress hormone. *Korean Journal of Physical Education* 2009;48(2):421-432.
18. Ko KJ, Lee JG. The effect of short-term swimming exercise by exercise duration on serum lipid components in rats. *Korea Sport Research* 2004;15(2):1359-1370.
19. Na SH. Effect of Treadmill exercise on blood components in obese middle-aged man. *Korea Sport Research* 2003;14(3):761-770.
20. Hur S, Hong KI, Jang JH. Change of plasma leptin concentrations, obesity and blood lipid profiles according to the intensity of exercise on rats. *Korea Sport Research* 2006;17(1):311-320.
21. Kim GG, Choi SR, Lee JW. Influence of swimming program on blood lipid. *The Journal of Korean Society of Aerobic Exercise* 2002;6(2):27-37.
22. Baek EJ, Lee MG. Effects of an 8-week combined training of walking and rope skipping on body composition, physical fitness, blood lipid profiles, and growth hormone in elementary students. *Korean Journal of Physical Education* 2007;46(6):461-472.
23. Lee WL, Lee TR, Lee SK, Jeong JH, Jeon TS, et al. The effects of combined training on body composition, blood lipid profile and fitness in elementary school students. *Korea Sport Research* 2006;17(6):220-232.
24. Lee SC, Jeon HR, Lee YK, Min JA, Seo HB, et al. Effects of exercise and hesperetin supplementation on plasma lipid profile in rats fed a high-cholesterol diet. *Korean Journal of Physical Education* 2007; 46(5):625-632.
25. Kim DY, Ann ES. The synergy effect of combined treatment of dehydroepiandrosteron administration and swimming exercise on blood lipid profile, glucose, and insulin in rats. *Exercise Science* 2005;14(4): 505-514.
26. Baker A. Alterations in lipid & protein profiles of plasma lipoproteins in middle aged men consequent to anaerobic exercise program. *Metabolism* 1986;35(11):1037-1043.
27. Varady KA, Jones PH. Combination diet and exercise interventions for the treatment of dyslipidemia: an Effective Preliminary Strategy to Lower Cholesterol Level?. *American Journal of Clinical Nutrition* 2005; 135(8):1829-1835.
28. Lee DS, Lee BH, Kim JG, Moon HW, Yoon SS. The effects of aerobic exercise and weight training on changes of blood lipid profile in obese middle school student. *Exercise Science* 2003;12(2):233-242.
29. Blair SN, Horton E, Leon AS, Lee IM, Drinkwater BL, et al. Physical activity, nutrition and chronic disease. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 1995;28(3):335-349.
30. Drustine JL, Grandjean PW, Cox CA, Thompson PD. Lipid, lipoprotein and exercise. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation* 2002; 22(6):385-398.