



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

박사학위논문

시간대별 운동프로그램이
비만 초등학생의 대사성질환 위험요인과
BDNF 관련인자에 미치는 영향

지도교수 이 창 준

제주대학교 대학원

체육학과

김 신

2015年 8月

시간대별 운동프로그램이
비만 초등학생의 대사성질환 위험요인과
BDNF 관련인자에 미치는 영향

指導教授 李 昌 俊

金 信

이 論文을 體育學 博士學位 論文으로 提出함

2015年 6月

金信의 體育學 博士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (인)

委 員 _____ (인)

委 員 _____ (인)

委 員 _____ (인)

委 員 _____ (인)

濟州大學校 大學院

2015年 8月

Effect of Morning and Afternoon Exercise Program
on the Metabolic Disease Risk Factors and BDNF
Related Factors in Obese Elementary Children

Shin, Kim

(Supervised by professor Chang-Joon, Lee)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for
the degree of Doctor of Physical Education

2015. 6.

This thesis has been examined and approved.

Department of Physical Education
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

ABSTRACT

Effect of Morning and Afternoon Exercise Program on the Metabolic Disease Risk Factors and BDNF Related Factors in Obese Elementary Children

Shin, Kim

*Department of Physical Education, Graduate School,
Jeju National University, Korea*

Supervised by professor Chang-Joon, Lee

The purpose of the current study was to investigate the effects of morning and afternoon exercise program on the body composition, physical fitness, metabolic disease risk factors and BDNF related factors in obese elementary children. Twenty-one obese elementary children were divided into morning exercise (n=7), afternoon exercise (n=7) and control (n=7) groups. The morning and afternoon exercise program was carried out under the condition of RPE 11-15 for 60 minutes, 5 days a week for 12 weeks. Body composition(body weight, body mass index, percent body fat, body fat mass, skeletal muscle mass, waist circumference, hip circumference, waist-hip ratio), physical fitness(Left grip strength, Right grip strength, back strength, sit-up, sit and reach, progressive aerobic cardiovascular endurance run), Metabolic

disease risk factors (systolic blood pressure, diastolic blood pressure, fasting glucose, total cholesterol, high density lipoprotein cholesterol, low density lipoprotein cholesterol, triglyceride) and BDNF related factors (growth hormone, insulin-like growth factor-1, brain derived neurotrophic factor) of all subjects were measured at before and after the program participation. All data were expressed as mean and standard deviation and also one-way ANOVA and paired t-test was performed to test the significant levels of differences within and between groups by using SPSS program. Significance was set at the $\alpha = .05$.

Body weight, diastolic blood pressure and triglyceride was significantly decreased within morning exercise group. Systolic blood pressure and fasting glucose was significantly decreased within afternoon exercise group. Body mass index, percent body fat and waist circumference was significantly decreased within morning exercise and afternoon exercise groups, and morning exercise group was shown that there were significant differences of waist circumference and diastolic blood pressure, compared with control group. Insulin-like growth factor-1 and brain derived neurotrophic factor was significantly increased within morning exercise group. Sit and reach was significantly increased within afternoon exercise group. Back strength, sit-up, progressive aerobic cardiovascular endurance run and high density lipoprotein cholesterol was significantly increased within morning exercise and afternoon exercise groups, and morning exercise group was shown that there were significant differences of insulin-like growth factor-1 and brain derived neurotrophic factor, compared with

control group.

Our findings concluded the severity of obese elementary children. There were significant improvements in body weight, body mass index, percent body fat, waist circumference, back strength, sit-up, progressive aerobic cardiovascular endurance run, diastolic blood pressure, high density lipoprotein cholesterol, triglyceride, insulin-like growth factor-1 and brain derived neurotrophic factor in obese elementary children after morning exercise program participation. Therefore, it is recommended for elementary children to participate in regular morning exercise to improve the body composition, physical fitness and metabolic disease risk factors as well as to increased BDNF related factors.

목 차

ABSTRACT

I. 서 론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	5
3. 연구의 가설	5
4. 연구의 제한점	6
II. 연구 방법	7
1. 연구 대상	7
2. 연구 설계	8
3. 운동프로그램	8
4. 측정 항목 및 방법	11
1) 신체조성	11
2) 체력	11
3) 혈압	13
4) 혈액검사	13
5. 자료 처리	14
III. 연구 결과	15
1. 신체조성	15
1) 체중 (Body weight)	15
2) 신체질량지수 (Body mass index)	16
3) 체지방률 (Percent body fat)	17
4) 체지방량 (Body fat mass)	18
5) 골격근량 (Skeletal muscle mass)	19
6) 허리둘레 (Waist circumference)	20
7) 엉덩이둘레 (Hip circumference)	21
8) 허리-엉덩이둘레 비율 (Waist-hip ratio)	22

2. 체력	23
1) 왼손 악력 (Left grip strength)	23
2) 오른손 악력 (Right grip strength)	24
3) 배근력 (Back strength)	25
4) 윗몸일으키기 (Sit-up)	26
5) 앉아윗몸앞으로굽히기 (Sit and reach)	27
6) 왕복오래달리기 (Progressive aerobic cardiovascular endurance run)	28
3. 대사성질환 위험요인	29
1) 수축기혈압 (Systolic blood pressure)	29
2) 이완기혈압 (Diastolic blood pressure)	30
3) 공복혈당 (Fasting glucose)	31
4) 총콜레스테롤 (Total cholesterol)	32
5) 고밀도지단백콜레스테롤 (High density lipoprotein cholesterol)	33
6) 저밀도지단백콜레스테롤 (Low density lipoprotein cholesterol)	34
7) 중성지방 (Triglyceride)	35
4. BDNF 관련인자	36
1) 성장호르몬 (Growth hormone)	36
2) 인슐린유사성장인자-1 (Insulin-like growth factor-1)	37
3) 뇌신경성장인자 (Brain derived neurotrophic factor)	38
IV. 논 의	39
1. 건강증진의 효과	39
1) 신체조성의 변화	39
2) 체력의 변화	41
3) 대사성질환 위험요인의 변화	42
2. 뇌신경성장인자의 활성화 효과: 인지능력의 향상 효과	45
V. 결 론	49
참고문헌	52

List of Tables

Table 1. The Physical characteristics of subjects	7
Table 2. Morning and Afternoon exercise program	9
Table 3. Comparison of Body weight after 12 weeks	15
Table 4. Comparison of Body mass index after 12 weeks	16
Table 5. Comparison of Percent body fat after 12 weeks	17
Table 6. Comparison of Body fat mass after 12 weeks	18
Table 7. Comparison of Skeletal muscle mass after 12 weeks	19
Table 8. Comparison of Waist circumference after 12 weeks	20
Table 9. Comparison of Hip circumference after 12 weeks	21
Table 10. Comparison of Waist-hip ratio after 12 weeks	22
Table 11. Comparison of Left grip strength after 12 weeks	23
Table 12. Comparison of Right grip strength after 12 weeks	24
Table 13. Comparison of Back strength after 12 weeks	25
Table 14. Comparison of Sit-up after 12 weeks	26
Table 15. Comparison of Sit and reach after 12 weeks	27
Table 16. Comparison of Progressive aerobic cardiovascular endurance run after 12 weeks	28
Table 17. Comparison of Systolic blood pressure after 12 weeks	29
Table 18. Comparison of Diastolic blood pressure after 12 weeks	30
Table 19. Comparison of Fasting glucose after 12 weeks	31
Table 20. Comparison of Total cholesterol after 12 weeks	32
Table 21. Comparison of High density lipoprotein cholesterol after 12 weeks	33
Table 22. Comparison of Low density lipoprotein cholesterol after 12 weeks	34
Table 23. Comparison of Triglyceride after 12 weeks	35

Table 24. Comparison of Growth hormone after 12 weeks	36
Table 25. Comparison of Insulin-like growth factor-1 after 12 weeks	37
Table 26. Comparison of Brain derived neurotrophic factor after 12 weeks	38

List of Figure

Figure 1. Experimental design	10
-------------------------------------	----

I. 서론

1. 연구의 필요성

심신이 조화를 이루어 건강하고 행복한 삶을 영위하면서 오래도록 살고자하는 것은 모든 인간이 바라는 삶일 것이다. 그러나 현대사회는 환경의 변화와 잘못된 생활 습관 등으로 인해 소아에서부터 비만이 발병하고, 그 발병률은 해가 지날수록 급격하게 증가하고 있다. World Health Organization(WHO)에서는 1999년에 이미 소아 비만을 인류의 생존권을 위협하는 심각한 질병으로 규정하였고, 21세기 인류 건강에 가장 심각한 문제 중 하나가 될 것으로 전망하고 있다(WHO, 2011).

우리나라 질병관리본부(2013)의 발표에 의하면, 본 연구가 수행된 제주지역은 2013년 현재 소아청소년 비만 유병률이 13.7%로 전국에서 가장 높은 지역으로 나타났다(전국 15개 시·도 소아청소년 비만 유병률 7.9%~11.2%, 전국 평균 9.8%), 2007년부터 현재까지 소아청소년 비만 유병률이 지속적으로 10%를 초과하는 유일한 지역으로 보고되었다. 특히 초등학교 비만 유병률은 2012년 현재 20.5%로 보고되어 다섯 명의 초등학교생들 중 한명은 비만인 것으로 나타났다. 이는 전국 평균 14.2%보다 매우 높은 수준이고, 종합적인 건강수준을 나타내는 지표인 대사증후군 유병률도 7.9%로 나타나 전국 평균 5.8%보다 높은 수준으로 보고되었다(제주특별자치도교육청, 2015). 이와 같이 제주지역 초등학교생들의 비만 유병률 및 대사증후군 유병률이 다른 지역에 비해 상대적으로 높게 나타난 점을 고려할 때, 현재 제주지역 비만 초등학교생은 단순히 비만 유병률이 높은 것뿐만 아니라 다양한 대사성질환의 발병 위험이 매우 높은 수준으로 내포되어 있다고 할 수 있다(노동진, 제갈윤석, 2013).

소아청소년기 비만은 성인기 비만과 달리 지방세포의 크기뿐만 아니라 지방세포 수 자체가 증가하는 증식형 비만으로 운동이나 식이요법으로 잘 조절되지 않고(이동환, 1996), 성인비만으로 이어질 가능성이 높다는 점에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 일반적으로 지방세포의 수는 약 16세까지 증가하고, 그 후 체지방의 증가는 이미 형성된 지방세포의 크기가 증가됨으로써 이루어진다. 정상체중으로 소아청소년기를 보낸 정상체중 성인의 경우 지방세포수가 약 300~500억개 정도인 데 반해, 비만으로 소아청소년기를 보낸 경우에는 600~1,000억개로 지방세포수가 2배 이상 많이 되고, 지방세포의 분포가 전신적이라는 특징을 지니고 있어 성인기 비만이 될 가능

성이 4~5배 이상 높아지게 된다(정일규, 윤진환, 2008). 소아비만의 약 75%는 성인 비만으로 이환되고(Whitaker, Wright, Pepe, Seidel & Dietz, 1997), 소아기 제2형 당뇨병, 고혈압, 고지혈증, 심혈관질환 등 각종 대사성질환의 발병을 유발하는 주요 원인으로 작용한다(Csabi, Torok, Jeges & Molnar, 2000; Sinha et al., 2002). 또한 소아비만은 아동의 체력수준을 저하시키고(교육과학기술부, 2012), 이차성징을 조기에 발현시켜 정상적인 성장을 저해하며(Biro, Khoury & Morrison, 2006), 신체적 문제와 정신적 문제를 복합적으로 일으키는 특징을 지니고 있다(Galioto et al., 2012). 이와 같이 소아비만은 성인기 비만보다 치료가 더욱 어렵고 장기적으로 나타나기 때문에 성인비만이 발생하고 난 이후에 관리하는 것보다 아동기인 초등학교 때부터 식습관을 개선하고 신체활동량을 증가시키는 등 건강한 생활습관을 유지하여 소아비만을 사전에 예방하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

최근에는 비만이 다양한 대사성질환의 발병위험 뿐만 아니라 뇌신경 세포 성장인자 활성화 및 생성에도 부정적인 영향을 미쳐 인지기능을 저하시킨다는 연구결과가 보고되면서 뇌신경 세포 성장인자 활성화 및 생성, 기억력, 인지기능 등에 영향을 미치는 BDNF(Brain derived neurotrophic factor) 관련인자에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다(Carro, Nunez, Busiguina & Torres-Aleman, 2000; McLenachan, Lum, Waters & Turnley, 2009; Pencea, Bingaman, Wiegand & Luskin, 2001).

BDNF 관련인자 중 성장호르몬(Growth hormone)은 뇌하수체 전엽에서 출생 이후 성장기까지 가장 많은 양이 분비되는 호르몬으로 말초 조직 단백질을 합성하여 뼈나 연골의 성장을 촉진시키는 작용을 하고(Hadley & Levine, 2008), BDNF의 분비를 촉진하여 뇌신경세포 생성에 관여하는 것으로 보고되고 있다(McLenachan et al., 2009). 인슐린유사성장인자-1(Insulin like growth factor-1)은 인체의 간, 뇌 등 여러 조직에서 생성되는 폴리펩티드 호르몬으로 성장과정에서 발육형태에 영향을 미치는 성장판의 연골세포 증식에 매우 중요한 영향을 미치고(Florini, Ewton & Coolican, 1996), 신경발생, 세포증식, 근육 및 골의 성장과 대사를 조절하며, 뇌신경 세포 생성인자인 BDNF의 발현을 유도하는 역할을 한다(Carro et al., 2000). 성장발육이 가장 활발한 초등학생 시기에 비만이 발생하면 성장호르몬 및 인슐린유사성장인자-1의 분비가 감소하고(Zaccaria, Varnier, Piazza, Noventa & Ermolao, 1999), 혈중 콜레스테롤과 중성지방의 증가로 성호르몬의 분비가 촉진됨으로써 사춘기가 빨라지고, 성장판이 빨리 닫히게 되는 성조숙증이 발생할 가능성이 높아지게 된다

(박익렬, 2004).

BDNF는 뇌신경세포의 생성과 활성을 촉진시켜 장기기억 등 학습과 관련된 인지 능력을 향상시키는 주요인자로(Pencea et al., 2001), 해마, 피질, 전뇌기저부 등 뇌의 다양한 영역에서 발현되고, 뇌의 구조적, 기능적 변화를 강화시킨다(Schuman, 1999). 소아비만은 BDNF의 발현과도 밀접한 관련성을 지니고 있다. 소아청소년기 체질량지수 및 체지방률 등의 비만도는 BDNF 농도와 부적 상관관계를 지니고 있고(Araki, Yamamoto, Dobashi, Asayama & Kusuhara, 2014), 비만한 아동은 정상 체중의 아동보다 BDNF의 농도가 매우 낮은 것으로 보고되고 있다(El-Gharbawy et al., 2006). BDNF는 신경세포의 생존 및 성장과 신경가소성을 향상시켜 학습과 기억에 있어 중요한 역할을 하는 뇌세포생성인자 중 하나이기 때문에(Mattson, Maudsley & Martin, 2004), 비만으로 인한 BDNF 농도의 저하는 비만아동의 뇌 활성도에 매우 부정적인 영향을 미치고(Gatt et al., 2008), 인지적인 장애를 초래할 가능성이 높아지게 된다(Hwang et al., 2006).

규칙적인 신체활동의 참여는 건강한 삶을 영위하기 위한 중요한 요인으로 제시되고 있다. 특히 초등학생과 같은 성장기의 신체활동은 소아비만 및 각종 대사성질환을 예방하고, 성인기의 신체활동을 촉진하여 평생 동안의 건강을 유지하고 증진하는데 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Kelishadi et al., 2003). Centers for Disease Control and Prevention(2011)에서는 성장기 아동의 비만을 예방하고 건강을 증진하기 위하여 하루 최소 1시간 이상의 신체활동을 권장하고 있고, American college of sports medicine(ACSM)에서도 비만 아동의 효과적인 체지방 감소와 체력 및 건강증진을 위해 최대산소섭취량의 50-80%의 운동을 20-60분간 지속적으로 실시하도록 권장하고 있다(ACSM, 2009). 이와 같이 규칙적인 신체활동의 참여는 비만 초등학생의 비만도 감소와 함께 체력을 증진시켜 고혈압, 고지혈증, 심혈관질환 등 대사성질환의 발병 위험을 감소시키고 건강을 증진시키는데 중요한 역할을 하기 때문에 반드시 필요하다(Bassuk & Manson, 2005).

또한, 성장기의 신체활동은 신경가소성(synaptic plasticity) 개선에 따른 뇌의 구조와 기능을 변화시켜 뇌신경성장인자 및 신경전달물질인 BDNF 관련인자의 분비량을 증가시키고, 뇌 신경세포의 활성 및 생성을 촉진시키는 것으로 보고되고 있다(Munoz-Hoyos et al., 2001; Neeper, Gumez, Choi & Cotman, 1996; Pencea et al., 2001). Pontifex 등(2011)은 13세 미만 초등학생을 대상으로 규칙적인 신체활동을 실

시하여 인지능력 및 뇌 기능 지표들의 향상을 보고하였고, Hill, Storandt & Malley(1993)는 규칙적인 신체활동의 참여는 뇌의 인식력과 기억력을 증가시킨다고 보고하였으며, Kubitz & Mott(1996)는 규칙적인 운동이 뇌파에 미치는 긍정적인 효과에 대한 연구를 보고한 바 있다. 이와 같이 규칙적인 신체활동 참여를 통해 증가되는 신경성장인자 및 신경전달물질은 뇌 세포 생성 및 뇌기능 향상에 중요한 작용을 하고(Russo-Neustadt, Ha, Ramirez & Kesslak, 2001), 이는 비만 초등학생의 인지기능과 학습능력의 향상에 긍정적인 작용을 할 것으로 제안되고 있다(Hillman, Buck, Themanson, Pontifex & Castelli, 2009).

최근 초등학교에서 학생들에게 신체활동을 통한 교육을 접할 수 있는 다양한 기회를 제공하고 신체활동 기회를 늘리기 위해 방과 후 스포츠 활동이 생겨나고 있지만 주지교과 중심적 수업의 연장으로 인지적 활동 프로그램은 증가하는 반면, 신체적·정의적 능력을 함양할 수 있는 신체활동 프로그램은 감소하는 추세에 있다. 또한 많은 학생들이 학교 수업 이외에도 학원이나 과외 등의 활동으로 인하여 방과 후 신체활동을 마음껏 즐기지 못하고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 최근에는 정규 수업이 시작하기 전 0교시를 활용한 신체활동 프로그램이 대두되고 있다(이상현, 2010). 0교시 신체활동은 2005년 미국 일리노이주 네이퍼빌 센트럴 고등학교에서 최초로 시작되었고, 이는 유산소성 신체활동에 초점을 맞춘 프로그램으로 ‘오전에 실시하는 운동이 뇌의 구조를 최적의 상태로 개선한다.’는 과학적 발견을 실현함으로써 신체적 건강증진 효과와 함께 두뇌의 혈액순환을 원활하게 촉진하여 학습력, 집중력, 이해력 등을 향상시키고, 학생들의 우울 지수 및 폭력성을 감소시킨다는 연구결과가 보고된 바 있다(박무성, 2011; 조선일보, 2010). 이러한 연구는 수업 전 0교시 신체활동의 참여가 학생들의 건강증진을 도모함과 동시에 뇌를 활성화시켜 학습에 적합한 두뇌상태를 만들 수 있음을 시사하고 있다(이상현, 2010; 조선일보, 2010).

수업 전 0교시 신체활동 프로그램 중 최근 두각을 나타내고 있는 BOKS(Build our kids' success) 프로그램은 미국에서 1986년에 시작되었고, 이는 유소년들에게 놀이와 같은 신체활동에 매일 규칙적으로 참가시킴으로써 어렸을 때부터 ‘건강한 신체에 건강한 정신’을 기르기 위한 운동으로 실시되고 있다. BOKS 프로그램은 아동들의 평생 건강 증진을 위하여 놀이, 체력강화, 체육활동, 팀 게임 및 영양 정보를 제공하는 유·무산소성 복합 신체활동 프로그램으로 아동들에게 놀이를 통하여

신체활동을 교육함으로써 신체활동의 중요성과 더불어 흥미를 갖고 자발적으로 참여할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 우리나라에서 BOKS 프로그램은 2012년도 서울지역 초등학교 5개교를 중심으로 시작하여, 2014년 현재 전국 45개교(서울 20개교, 경기 10개교, 세종 5개교, 부산 5개교, 제주 5개교)에서 실시되고 있다. 그러나 최근 BOKS 프로그램이 전국적으로 확산되는 경향을 나타내고 있음에도 불구하고, 그 효과를 검증한 연구는 매우 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 최근 초등학교에서 수업 전 운동 프로그램으로 각광받고 있는 BOKS 프로그램을 적용한 유·무산소성 복합운동 형태의 운동프로그램에 시간대별로 오전운동 및 오후운동의 참여가 비만 초등학생의 신체조성과 체력, 대사성질환 위험요인 및 BDNF 관련인자에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하였다.

2. 연구의 목적

본 연구는 달리기 기술과 체력운동으로 구성된 유·무산소성 복합운동 형태의 운동프로그램에서 시간대별로 오전운동 및 오후운동의 참여가 비만 초등학생의 신체조성과 체력, 대사성질환 위험요인과 BDNF 관련인자에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하는데 그 목적이 있다.

3. 연구의 가설

본 연구의 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 연구 가설을 설정하였다.

- 1) 오전운동 프로그램의 참여를 통해 비만 초등학생의 신체조성 성분이 개선될 것이다.
- 2) 오전운동 프로그램의 참여를 통해 비만 초등학생의 체력 수준이 향상될 것이다.
- 3) 오전운동 프로그램의 참여를 통해 비만 초등학생의 대사성질환 위험요인 수치가 개선될 것이다.
- 4) 오전운동 프로그램의 참여를 통해 비만 초등학생의 BDNF 관련인자의 수치가 증가할 것이다.

4. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점을 갖는다.

- 1) 본 연구의 대상은 연구 참여를 희망하는 J지역 비만 초등학생으로 제한하여 모집단을 대표하기에는 한계가 있다.
- 2) 연구대상자들이 프로그램에 참여하는 동안 식생활 및 일상생활을 완전하게 통제하지 못하였다.
- 3) 연구대상자들의 환경적, 유전적, 심리적, 문화적 특성 및 발육발달 정도를 동일하게 통제하지 못하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 J시 소재 초등학교 4-5학년(만10-11세) 남학생을 대상으로 실시하였다.

연구대상자는 신체질량지수(Body mass index, BMI)가 해당연령의 95백분위수 이상 비만(대한소아과학회, 2007)이면서 퇴행성 질환 및 근골격계 질환이 없고 다른 운동프로그램에 참여하고 있지 않은 21명을 선정하여 오전운동군(Morning exercise group)과 오후운동군(Afternoon exercise group), 통제군(Control group)으로 각각 7명씩 무선 배정하여 집단을 구성하였다.

모든 검사 및 프로그램 참여자는 본 연구의 필요성과 절차, 기대되는 효과 및 잠재적 위험 요소에 대하여 충분히 이해하고 자발적으로 참여를 희망하였으며, 본인과 보호자에 의해 작성된 참가 신청서와 동의서를 제출하였다.

연구대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. The physical characteristics of subjects

Group	Age (yrs)	Height (cm)	Body weight (kg)	BMI (kg/m ²)	PBF (%)
Morning exercise (n=7)	10.90±0.60	148.79±5.31	55.29±6.62	24.91±1.90	25.57±3.36
Afternoon exercise (n=7)	10.97±0.67	149.41±9.81	59.03±8.68	26.33±1.42	27.13±2.83
Control (n=7)	10.87±0.71	148.36±5.85	55.19±5.90	25.01±0.85	25.07±2.59
SS	.037	3.958	67.169	8.861	16.115
df	2	2	2	2	2
MS	.019	1.979	33.584	4.430	8.058
F	.042	.037	.654	2.100	.932
p	.959	.963	.532	.151	.412

Values are mean±standard deviation.

BMI: body mass index, PBF: percent body fat.

2. 연구 설계

본 연구는 달리기 기술과 체력운동으로 구성된 유·무산소성 복합운동 형태의 운동프로그램에서 시간대별로 오전운동 및 오후운동의 참여가 비만 초등학생의 신체조성과 체력, 대사성질환 위험요인과 BDNF 관련인자에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하는 실험연구로 설계하였다.

모든 연구 참여 대상자들은 운동프로그램 참여 전·후에 종속변인인 신체조성과 체력, 대사성질환 위험요인 및 BDNF 관련인자의 측정을 실시하였다. 오전운동군은 정규 수업 전 오전운동 프로그램을 실시하였고, 오후운동군은 방과 후 시간을 이용하여 오후운동 프로그램을 실시하였다. 총 12주간 주 5회의 빈도로, 1일 60분간의 운동처치가 이루어졌고, 통제군은 일상생활에 임하도록 하였다. 전체적인 실험모형 및 분석내용은 <Figure 1>과 같다.

3. 운동 프로그램

운동 프로그램은 정규 수업 전 오전운동과 방과 후 오후운동 프로그램을 동일하게 구성하여 진행하였다. 운동 프로그램은 12주간 주 5회의 빈도(월-금)로, 1일 60분간 실시하였고, 운동 강도는 Borg(1962)의 운동자각도(Rating of Perceived Exertion, RPE)를 이용하여 1-4주는 RPE 11-15(fairly light-hard, 알맞음-힘듦), 5-12주는 RPE 13-15(somewhat hard-hard, 약간 힘들-힘듦)로 점증부하 실시하였다. 운동자각도는 산소섭취량과 $r=0.67\sim 0.90$ 의 높은 상관을 나타내고(Edwards, Melcher, Hesser, Wigertz & Ekelund, 1972), 운동자각도 수치에 10을 곱하면 운동 심박수를 추정($HR=RPE\times 10$)할 수 있어(Mihevic, 1981), 운동 강도를 부하하는 지표로 폭 넓게 사용되고 있다. 운동자각도의 속지는 적응기를 이용하여 사전 충분한 교육을 실시하였다.

운동프로그램의 구성은 Reebok foundation에서 운동을 통해 뇌가 활성화 된다는 연구에 근거하여 학교수업을 준비하기 위해 뇌를 깨우는 것을 목적으로 고안한 BOKS 프로그램을 참고하여(권혁용, 우정일, 이정희, 2014), 본 연구대상자의 특성 및 환경에 맞게 수정·보완하여 실시하였다. 준비운동과 본 운동, 정리운동으로 구성

하였고, 준비운동과 정리운동은 몸통돌리기, 조깅, Boks 가라사대, 팔로 원그리기, 군인걸음, 카드놀이, 쪼그려 앉기, 멀리뛰기, 과일바구니, 사두근 터치다운, 옆구리운동, 신호등, 교차터치다운, 사두근 걷기, 정글경주, 줄 스트레칭, 후진페달, boks 야구, 어깨스트레칭, 강하게 켑충뛰기, 그림자, 삼두박근 스트레칭, 무릎높여 뛰기, 켑충뛰기와 얼음, 삼손 스트레칭, 엉덩이 차며 뛰기, 얼음 달리기, 스파이더맨, 옆으로 오리걸음, BOKS 코너 등의 흥미를 유발할 수 있는 다양한 게임 및 스트레칭 프로그램으로 실시하였다. 본 운동은 달리기 기술과 체력운동으로 나누어 실시하였다. 달리기 기술은 앞으로 뒤로 히트, BOKS 전력질주, 마음대로 계주(달리기 및 후진), 계주, 걷기 조깅 달리기, 체육관 횡단 전력질주, 달리기 200m·400m·800m·1200m 등의 유산소 능력을 향상시킬 수 있는 활동으로 구성하였고, 체력운동은 윗몸일으키기, 얼음줄넘기, BOKS 등대고 앉기/일어나기, 장애물 경기, 팔굽혀펴기, 우짚대기, 손수레 경주, 앉았다 일어나기, 캥거루 뛰기, 화장실 태그, 큰걸음 걷기, 빨간신호 녹색신호, 달리기 타바타, 쪼그려뛰기, 몽키볼, 빨래집게 태그 등의 다양한 근력 향상 프로그램으로 구성하여 실시하였다. 오전 및 오후 운동프로그램은 <Table 2>와 같다.

Table 2. Morning and Afternoon exercise program

Order	Week	Exercise time (minute)	Contents	Intensity (RPE)
Warm-up		10	- Static and dynamic stretching	
Main exercise	1-4	45	- Running technique - Physical fitness exercise	RPE 11-15
	5-12	45	- Running technique - Physical fitness exercise	RPE 13-15
Cool-down		5	- Static and dynamic stretching	

RPE: rating of perceived exertion.

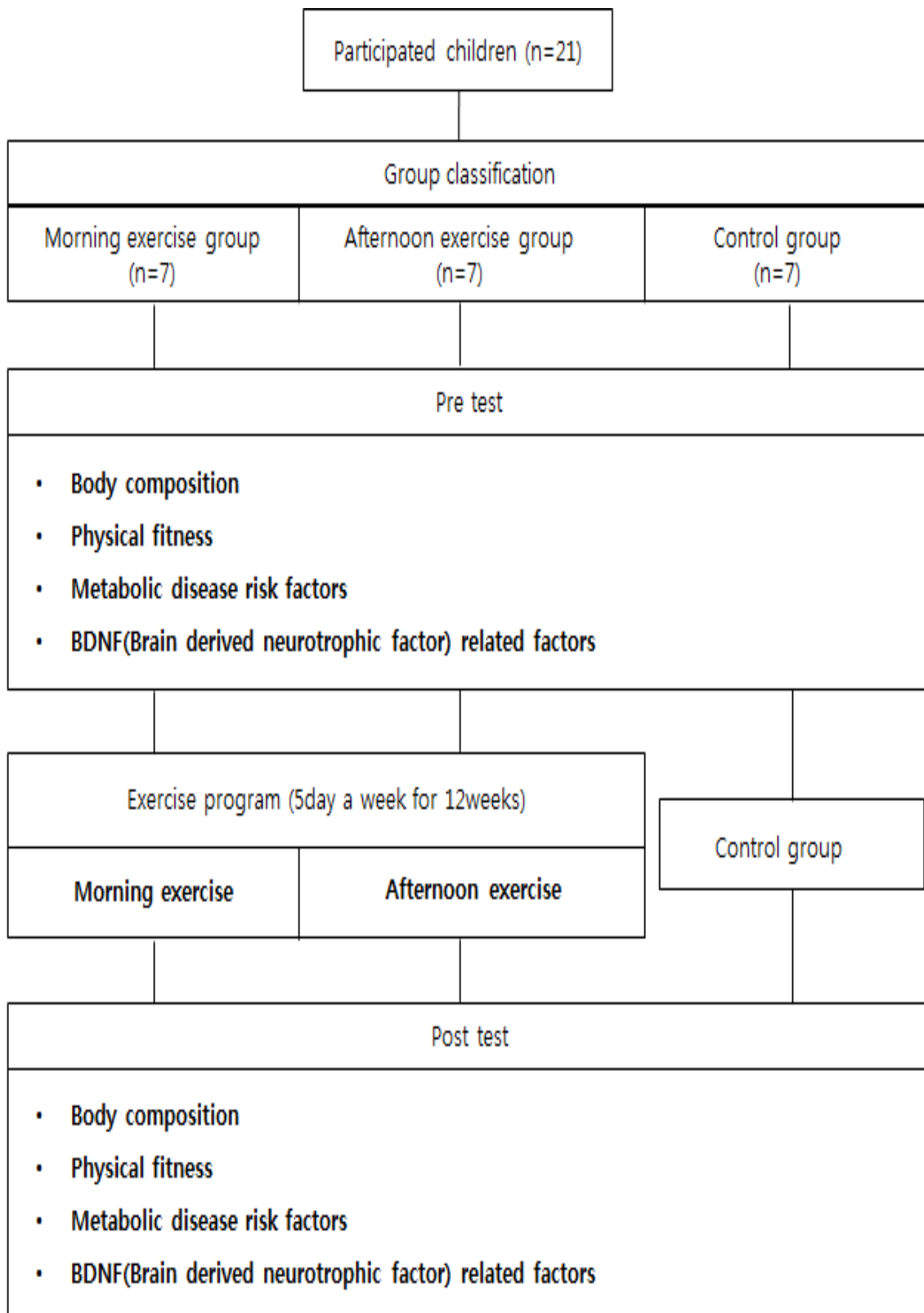


Figure 1. Experimental design

4. 측정 항목 및 방법

1) 신체조성

신체조성 성분으로 체중(Body weight)과 신체질량지수(Body mass index), 체지방률(Percent body fat), 체지방량(Body fat mass), 골격근량(Skeletal muscle mass), 허리둘레(Waist circumference), 엉덩이둘레(Hip circumference) 및 허리-엉덩이 둘레비(Waist-Hip ratio)를 측정하였다.

신장과 체중은 신장·체중 자동 측정기(JENIX, Korea)를 이용하여 측정하였고, 신체질량지수는 측정된 체중(kg) 나누기 신장의 제곱(m²)으로 계산하였다. 체지방률과 체지방량, 골격근량은 인피더스법을 이용한 소아청소년용 생체전기저항분석기인 InBody JO5(Biospace Co., Korea)를 이용하여 측정하였다. 허리둘레는 장골 능선과 12번 갈비뼈 사이 중간지점 경계선 사이의 가장 얇은 둘레를 팔을 편안히 내리고 정상 호기에 측정하였고, 엉덩이둘레는 엉덩이 뒤쪽 가장 돌출된 부위와 치골 결합부 및 대전자 위를 연결하는 가장 두꺼운 부위를 엉덩이에 힘을 뺀 후 측정하였으며, 측정된 허리둘레와 엉덩이 둘레를 이용하여 허리-엉덩이 둘레비를 계산하였다.

2) 체력

체력 요인으로 American college of sports medicine(ACSM, 2009)에서 건강과 관련된 체력요소로 제시한 근력(Muscular strength)과 근지구력(Muscular endurance), 유연성(Flexibility), 심폐지구력(Cardiovascular endurance)을 측정하였다.

(1) 근력

근력은 악력(Grip strength)과 배근력(Back strength)을 측정하였다.

악력을 측정하기 위해 대상자는 편안한 자세로 서서 양다리를 어깨너비만큼 벌리고 양팔을 자연스럽게 곧게 펴 몸통과 15° 간격을 유지하는 자세로 악력계(DW-701, Japan)를 자신의 손에 맞게 폭을 조절(손가락 제2관절이 직각이 되도록)하여 잡는다. '시작' 신호와 함께 2~3초간 힘껏 잡아당기도록 하고, 좌·우 각각 2회씩 실시하여 최고치를 0.1kg 단위로 기록하였다.

배근력을 측정하기 위해 대상자는 배근력계(T.K.K. 5102, Japan) 발판 위에 서서 발끝을 15cm 정도 벌리고 선다. 무릎과 팔을 펴고 상체를 30° 정도 앞으로 굽혀서

배근력계의 손잡이를 똑바로 잡는다. 측정자는 대상자의 신장에 맞게 배근력계 줄의 길이를 조정하여 무릎 위 10cm 정도에서 당길 수 있도록 하고, '시작' 신호와 함께 기울인 상체를 전력을 다하여 일으키며 3초 정도 손잡이를 잡아당기도록 한다. 2회 실시하여 최고치를 0.1kg 단위로 기록하였다.

(2) 근지구력

근지구력은 윗몸일으키기(Sit-up)를 측정하였다. 대상자는 매트 위에 누운 자세로 무릎을 직각으로 굽혀 세우고 양손은 머리 뒤에서 깎지를 끼도록 하고, 측정자는 대상자의 발목을 고정시켜 주었다. '시작' 신호와 함께 복근의 힘만으로 몸을 일으키도록 하였고, 올라올 때는 양 팔꿈치가 무릎에 닿도록 하고 내려갈 때는 양 어깨가 매트에 닿도록 하였다. 60초 간 실시하여 정확한 자세로 수행한 회수를 기록하였다.

(3) 유연성

유연성은 앉아윗몸앞으로굽히기(Sit and reach)를 측정하였다. 대상자는 맨발로 양 다리를 편 채 양 발바닥이 좌전굴계(T.K.K.5103, Japan)의 수직면에 완전히 닿도록 하여 바른 자세로 앉도록 하였다. '시작' 신호와 함께 양손을 모아 무릎을 편 상태로 윗몸을 앞으로 굽히면서 양 중지로 측정기를 최대한 앞으로 뻗어 밀도록 하였다. 손가락 끝이 2초 정도 멈춘 지점을 측정하였고, 2회 실시하여 최고치를 0.1cm 단위로 기록하였다.

(4) 심폐지구력

심폐지구력은 왕복오래달리기(Progressive aerobic cardiovascular endurance run, PACER)을 측정하였다. 15m 거리 양 끝에 마크콘을 설치한 후 왕복오래달리기 실시방법을 대상자에게 설명하였다. '출발' 신호에 맞춰 대상자는 출발을 하고, 음향기에서 나오는 신호음이 울리기 전에 15m의 거리를 달리도록 하였다. 신호음이 울리기 전에 맞은편의 정해진 위치에 도착해야 하고, 도착한 대상자는 신호음이 울릴 때까지 기다리도록 하였다. 신호음이 울리면 맞은편 출발위치로 다시 달려 이동하고, 신호음이 울리기 전에 정해진 위치에 도착하지 못했을 경우에 최초 1회는 신호가 울릴 때 방향을 바꾸어 달릴 수 있도록 하였다. 2번째 신호음이 울리기 전에 정해진 위치에 도달하지 못할 경우 탈락 처리하였고, 대상자가 실시한 총 회수를 기록하였다.

3) 혈압

혈압은 안정을 취한 상태에서 자동혈압측정기(OMRON HEM-770A, Japan)를 이용하여 측정하였다. 모든 대상자는 혈압 측정 4시간 전부터 격렬한 운동 및 카페인 섭취를 금지하고 앉은 자세에서 최소 5분 이상 휴식을 취하도록 한 후 좌측 상완에서 수축기 혈압(Systolic blood pressure)과 이완기 혈압(Diastolic blood pressure)을 측정하였다.

4) 혈액 검사

모든 채혈은 12시간 이상 공복상태를 유지한 후 익일 오전 08-09시 사이에 실시하였다. 혈액 채취 전 30분 정도 안정을 취하게 한 뒤 항응고제가 들어있지 않은 진공관을 이용하여 상완정맥에서 숙련된 간호사에 의해 정맥 채혈을 실시하였다. 채혈 후 15분간 원심 분리한 후 혈장 성분만을 추출하여 -80°C 에 보관한 뒤 총콜레스테롤(Total cholesterol, TC)과 고밀도지단백콜레스테롤(High density lipoprotein cholesterol, HDL-C), 저밀도지단백콜레스테롤(Low density lipoprotein cholesterol, LDL-C), 중성지방(Triglyceride, TG), 공복혈당(Fasting glucose), 성장호르몬(Growth hormone), 인슐린유사성장인자-1(Insulin-like growth factor-1, IGF-1) 및 뇌신경성장인자(Brain derived neurotrophic factor)의 수준을 검사하였다. 총콜레스테롤은 효소법(enzyme method), 고밀도지단백콜레스테롤은 선택용해 직접법(direct selective method)을 이용한 임상화학-면역분석기(OLYMPUS AU5400, Japan)를 사용하여 분석하였고, 저밀도지단백콜레스테롤은 Friedewald, Levy & Fredrickson(1972)의 공식($\text{LDL-C} = \text{TC} - \text{HDL-C} - \text{TG} \div 5$)을 이용하여 계산하였다. 중성지방은 글리세롤 소거법(glycerol blanked method), 공복혈당은 HK법(hexokinase method), 성장호르몬은 GH Daiichi kit(INCSTRA, USA)를 사용하여 면역방사계수 측정법(Immunoradiometric assay, IRMA)으로 분석하였다. 인슐린유사성장인자-1은 IRMA IGF-1 kit(Immunotech, France)를 사용하여 방사선면역측정법(Radioimmunoassay, RIA)으로 분석하였고, BDNF는 Sunrise(Tecan, Austria/SpectraMax190, Molecular devices, China) 기기를 이용한 표준화된 효소결합 면역흡착 측정법(enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)으로 분석하였다.

5. 자료처리

본 연구를 위해 측정된 자료의 분석은 PASW(Statistical Package for Predictive Analytics Soft Ware) 18.0 통계 프로그램을 사용하여 다음과 같이 분석하였다.

- 1) 각 측정항목의 평균(Mean)과 표준편차(Standard Deviation)를 산출하였다.
- 2) 운동프로그램 참여 전·후 측정항목에 대한 집단 내 차이 검증을 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test)을 실시하였다.
- 3) 운동프로그램 참여 전·후 측정항목 및 변화량에 대한 집단 간 차이 검증을 위해 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였고, 사후검증(post-hoc)은 Scheffe법을 실시하였다.
- 4) 가설의 검증을 위한 모든 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 신체 조성

1) 체중 (Body weight)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 체중의 변화는 <Table 3>과 같다. 집단 내 검증결과, 체중은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군에서 유의하게 감소($p=.045$)하였고, 통제군에서 유의하게 증가($p=.001$)하였다. 집단 간 차이 검증에서는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 유의한 차이($p=.009$)가 나타났고, 사후검증 결과 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

Table 3. Comparison of Body weight after 12 weeks

Group	Body weight (kg)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	55.29±6.62	54.79±6.54	-0.50±0.52	2.530	.045
Afternoon exercise (n=7)	59.03±8.68	57.71±8.86	-1.31±2.38	1.458	.195
Control (n=7)	55.19±5.90	56.54±5.53	1.36±0.60	-5.961	.001
SS	67.169	30.418	26.247		
df	2	2	2		
MS	33.584	15.209	13.123		
F	.654	.301	6.228		
<i>p</i>	.532	.744	.009		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	AE < C		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference, AE: afternoon exercise, C: control.

2) 신체질량지수 (Body mass index)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 신체질량지수의 변화는 <Table 4>와 같다. 집단 내 검증결과, 신체질량지수는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군($p=.007$)과 오후운동군($p=.030$)에서 유의하게 감소하였고, 통제군에서 유의하게 증가($p=.004$)하였다. 집단 간 차이 검증에서는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 유의한 차이($p=.001$)가 나타났고, 사후검증 결과 오전운동군 및 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

Table 4. Comparison of Body mass index after 12 weeks

Group	Body mass index (kg/m ²)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	24.91±1.90	24.53±1.82	-0.38±0.26	3.960	.007
Afternoon exercise (n=7)	26.33±1.42	25.48±0.84	-0.85±0.79	2.822	.030
Control (n=7)	25.01±0.85	25.57±0.54	0.57±0.34	-4.492	.004
SS	8.861	4.716	7.361		
df	2	2	2		
MS	4.430	2.358	3.681		
F	2.100	1.640	13.538		
<i>p</i>	.151	.222	.001		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	ME, AE < C		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference, ME: morning exercise, AE: afternoon exercise, C: control.

3) 체지방률 (Percent body fat)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 체지방률의 변화는 <Table 5>와 같다. 집단 내 검증결과, 체지방률은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군($p=.019$)과 오후운동군($p=.015$)에서 유의하게 감소하였다. 집단 간 차이 검증에서는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 유의한 차이($p=.047$)가 나타났고, 사후검증 결과 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

Table 5. Comparison of Percent body fat after 12 weeks

Group	Percent body fat (%)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	25.57±3.36	24.60±2.88	-0.97±0.80	3.198	.019
Afternoon exercise (n=7)	27.13±2.83	25.37±1.92	-1.76±1.37	3.391	.015
Control (n=7)	25.07±2.59	25.13±1.52	0.06±1.49	-.101	.923
SS	16.115	2.178	11.590		
df	2	2	2		
MS	8.058	1.089	5.795		
F	.932	.229	3.651		
<i>p</i>	.412	.798	.047		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	AE < C		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference, AE: afternoon exercise, C: control.

4) 체지방량 (Body fat mass)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 체지방량의 변화는 <Table 6>과 같다. 검증결과, 체지방량은 집단 내·집단 간 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 6. Comparison of Body fat mass after 12 weeks

Group	Body fat mass (kg)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	12.79±3.35	12.56±2.97	-0.23±0.45	1.355	.224
Afternoon exercise (n=7)	16.11±3.31	14.76±1.78	-1.36±2.15	1.674	.145
Control (n=7)	14.74±2.69	13.69±2.30	-1.06±2.42	1.154	.292
SS	39.178	16.944	4.784		
df	2	2	2		
MS	19.589	8.472	2.392		
F	1.994	1.472	.672		
<i>p</i>	.165	.256	.523		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

5) 골격근량 (Skeletal muscle mass)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 골격근량의 변화는 <Table 7>과 같다. 검증결과, 골격근량은 집단 내·집단 간 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 7. Comparison of Skeletal muscle mass after 12 weeks

Group	Skeletal muscle mass (kg)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	33.67±3.18	33.87±3.63	0.20±0.59	-0.899	.403
Afternoon exercise (n=7)	38.71±6.28	39.97±6.70	1.26±2.51	-1.323	.234
Control (n=7)	36.24±4.00	37.33±3.33	1.09±2.16	-1.329	.232
SS	89.018	131.009	4.507		
df	2	2	2		
MS	44.509	65.504	2.253		
F	2.038	2.840	.596		
<i>p</i>	.159	.085	.561		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

6) 허리둘레 (Waist circumference)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 허리둘레의 변화는 <Table 8>과 같다. 집단 내 검증결과, 허리둘레는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군($p=.021$)과 오후운동군($p=.031$)에서 유의하게 감소하였다. 집단 간 차이 검증에서는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 유의한 차이($p=.008$)가 나타났고, 사후검증 결과 오전운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

Table 8. Comparison of Waist circumference after 12 weeks

Group	Waist circumference (cm)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	82.13±6.08	78.70±6.33	-3.43±2.92	3.105	.021
Afternoon exercise (n=7)	81.67±3.43	80.53±4.39	-1.14±1.08	2.812	.031
Control (n=7)	80.37±2.54	81.53±3.04	1.16±2.72	-1.126	.303
SS	11.635	28.804	73.601		
df	2	2	2		
MS	5.818	14.402	36.800		
F	.316	.630	6.463		
<i>p</i>	.733	.544	.008		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	ME < C		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference, ME: morning exercise, C: control.

7) 엉덩이둘레 (Hip circumference)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 엉덩이둘레의 변화는 <Table 9>와 같다. 검증 결과, 엉덩이둘레는 집단 내·집단 간 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 9. Comparison of Hip circumference after 12 weeks

Group	Hip circumference (cm)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	93.17±4.34	91.13±5.43	-2.04±4.54	1.190	.279
Afternoon exercise (n=7)	96.74±4.47	94.46±4.81	-2.29±2.87	2.108	.080
Control (n=7)	93.54±4.09	94.79±4.37	1.25±1.57	-2.103	.080
SS	54.072	57.311	54.607		
df	2	2	2		
MS	27.036	28.656	27.304		
F	1.459	1.199	2.615		
<i>p</i>	.259	.324	.101		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

8) 허리-엉덩이둘레 비율 (Waist-hip ratio)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 허리-엉덩이둘레 비율의 변화는 <Table 10>과 같다. 검증결과, 허리-엉덩이둘레 비율은 집단 내·집단 간 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 10. Comparison of Waist-hip ratio after 12 weeks

Group	Waist-hip ratio				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	0.88±0.04	0.86±0.06	-0.02±0.07	.632	.551
Afternoon exercise (n=7)	0.84±0.03	0.85±0.03	0.01±0.03	-.698	.512
Control (n=7)	0.86±0.04	0.86±0.05	0.00±0.02	-.117	.911
SS	.005	.000	.002		
df	2	2	2		
MS	.002	.000	.001		
F	1.517	.109	.539		
<i>p</i>	.246	.897	.593		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

2. 체력

1) 왼손 악력 (Left grip strength)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 왼손 악력의 변화는 <Table 11>과 같다. 검증 결과, 왼손 악력은 집단 내·집단 간 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 11. Comparison of Left grip strength after 12 weeks

Group	Left grip strength (kg)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	13.30±3.13	14.37±3.51	1.07±1.34	-2.123	.078
Afternoon exercise (n=7)	17.37±6.98	18.26±5.30	0.90±2.77	-.859	.423
Control (n=7)	15.44±3.24	16.30±4.17	0.86±2.22	-1.021	.347
SS	58.071	53.237	.180		
df	2	2	2		
MS	29.036	26.619	.090		
F	1.261	1.382	.019		
<i>p</i>	.307	.276	.981		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

2) 오른손 악력 (Right grip strength)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 오른손 악력의 변화는 <Table 12>와 같다. 검증결과, 오른손 악력은 집단 내·집단 간 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 12. Comparison of Right grip strength after 12 weeks

Group	Right grip strength (kg)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	15.51±2.89	16.23±3.34	0.71±1.63	-1.161	.290
Afternoon exercise (n=7)	18.90±6.85	19.50±5.69	0.60±2.89	-.548	.604
Control (n=7)	16.45±3.33	16.73±3.55	0.29±0.58	-1.300	.241
SS	42.847	43.477	.690		
df	2	2	2		
MS	21.423	21.739	.345		
F	.969	1.162	.091		
<i>p</i>	.398	.335	.914		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

3) 배근력 (Back strength)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 배근력의 변화는 <Table 13>과 같다. 집단 내 검증결과, 배근력은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군($p=.020$)과 오후운동군($p=.006$)에서 유의하게 증가하였다.

Table 13. Comparison of Back strength after 12 weeks

Group	Back strength (kg)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	30.50±5.24	35.26±6.71	4.76±4.01	-3.136	.020
Afternoon exercise (n=7)	39.37±15.01	44.47±17.39	5.10±3.23	-4.177	.006
Control (n=7)	33.14±5.74	34.17±5.37	1.03±5.11	-.532	.614
SS	290.458	448.401	71.391		
df	2	2	2		
MS	145.229	224.200	35.696		
F	1.524	1.788	2.033		
<i>p</i>	.245	.196	.160		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

4) 윗몸일으키기 (Sit-up)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 윗몸일으키기의 변화는 <Table 14>와 같다. 집단 내 검증결과, 윗몸일으키기는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군($p=.021$)과 오후운동군($p=.005$)에서 유의하게 증가하였다.

Table 14. Comparison of Sit-up after 12 weeks

Group	Sit-up (times)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	23.29±6.40	32.57±7.25	9.29±7.95	-3.089	.021
Afternoon exercise (n=7)	20.71±11.04	30.86±7.67	10.14±6.34	-4.236	.005
Control (n=7)	21.43±9.64	25.00±7.89	3.57±6.24	-1.514	.181
SS	24.667	220.667	178.667		
df	2	2	2		
MS	12.333	110.333	89.333		
F	.145	1.905	1.883		
<i>p</i>	.866	.178	.181		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

5) 앉아윗몸앞으로굽히기 (Sit and reach)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 앉아윗몸앞으로굽히기의 변화는 <Table 15>와 같다. 집단 내 검증결과, 앉아윗몸앞으로굽히기는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오후운동군에서 유의하게 증가($p=.007$)하였다. 집단 간 차이 검증에서는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 유의한 차이($p=.020$)가 나타났고, 사후검증 결과 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

Table 15. Comparison of Sit and reach after 12 weeks

Group	Sit and reach (cm)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	4.24±5.02	5.60±6.43	1.36±3.49	-1.029	.343
Afternoon exercise (n=7)	2.86±3.51	7.21±1.75	4.35±2.91	-3.957	.007
Control (n=7)	5.21±7.34	4.24±6.79	-0.97±3.13	.820	.444
SS	19.647	30.980	99.904		
df	2	2	2		
MS	9.823	15.490	49.952		
F	.322	.513	4.916		
<i>p</i>	.729	.607	.020		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	AE > C		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference, AE: afternoon exercise, C: control.

6) 왕복오래달리기 (Progressive aerobic cardiovascular endurance run)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 왕복오래달리기의 변화는 <Table 16>과 같다. 집단 내 검증결과, 왕복오래달리기는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군($p=.003$)과 오후운동군($p=.005$)에서 유의하게 증가하였다. 집단 간 차이 검증에서는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 유의한 차이($p=.004$)가 나타났고, 사후검증 결과 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

Table 16. Comparison of Progressive aerobic cardiovascular endurance run after 12 weeks

Group	Progressive aerobic cardiovascular endurance run (num)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	50.14±23.16	62.71±19.21	12.57±6.78	-4.907	.003
Afternoon exercise (n=7)	58.00±14.82	71.86±14.04	13.86±8.59	-4.267	.005
Control (n=7)	53.43±10.63	54.57±11.70	1.14±3.89	-.777	.467
SS	218.000	1046.952	685.810		
df	2	2	2		
MS	109.000	523.476	342.905		
F	.376	2.234	7.625		
<i>p</i>	.692	.136	.004		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	ME, AE > C		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference, ME: morning exercise, AE: afternoon exercise, C: control.

3. 대사성질환 위험요인

1) 수축기혈압 (Systolic blood pressure)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 수축기혈압의 변화는 <Table 17>과 같다. 집단 내 검증결과, 수축기혈압은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오후운동군에서 유의하게 감소($p=.037$)하였다. 집단 간 차이 검증에서는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 유의한 차이($p=.027$)가 나타났고, 사후검증 결과 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

Table 17. Comparison of Systolic blood pressure after 12 weeks

Group	Systolic blood pressure (mmHg)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	119.50±5.63	116.00±9.61	-3.50±5.77	1.604	.160
Afternoon exercise (n=7)	122.79±7.18	121.43±6.78	-1.36±1.35	2.669	.037
Control (n=7)	117.86±3.67	120.86±6.62	3.00±4.12	-1.925	.103
SS	88.167	124.571	153.595		
df	2	2	2		
MS	44.083	62.286	76.798		
F	1.367	1.026	4.418		
<i>p</i>	.280	.378	.027		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	ME < C		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference, ME: morning exercise, C: control.

2) 이완기혈압 (Diastolic blood pressure)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 이완기혈압의 변화는 <Table 18>과 같다. 집단 내 검증결과, 이완기혈압은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군에서 유의하게 감소($p=.012$)하였다. 집단 간 차이 검증에서는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 유의한 차이($p=.009$)가 나타났고, 사후검증 결과 오전운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

Table 18. Comparison of Diastolic blood pressure after 12 weeks

Group	Diastolic blood pressure (mmHg)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	77.50±4.16	74.71±5.02	-2.79±2.06	3.580	.012
Afternoon exercise (n=7)	82.00±6.10	82.29±8.92	0.28±3.03	-.250	.811
Control (n=7)	76.71±9.38	79.57±12.63	2.86±3.72	-2.034	.088
SS	113.881	206.000	111.738		
df	2	2	2		
MS	56.940	103.000	55.869		
F	1.199	1.169	6.161		
<i>p</i>	.325	.333	.009		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	ME < C		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference, ME: morning exercise, C: control.

3) 공복혈당 (Fasting glucose)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 공복혈당의 변화는 <Table 19>와 같다. 집단 내 검증결과, 공복혈당은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오후운동군에서 유의하게 감소($p=.014$)하였다. 집단 간 차이 검증에서는 운동프로그램 참여 후에서 유의한 차이($p=.005$)가 나타났고, 사후검증 결과 오전운동군 및 오후운동군이 통제군보다 유의하게 낮게 나타났다.

Table 19. Comparison of Fasting glucose after 12 weeks

Group	Fasting glucose (mg/dL)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	86.43±8.66	83.57±5.99	-2.86±10.79	.700	.510
Afternoon exercise (n=7)	90.71±7.34	84.29±3.73	-6.43±4.93	3.451	.014
Control (n=7)	92.57±6.05	94.00±7.09	1.42±4.77	-.884	.411
SS	138.952	475.143	216.667		
df	2	2	2		
MS	69.476	237.571	108.333		
F	1.260	7.114	2.043		
<i>p</i>	.308	.005	.159		
<i>Post-hoc</i>	NS	ME, AE < C	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference, ME: morning exercise, AE: afternoon exercise, C: control.

4) 총콜레스테롤 (Total cholesterol)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 총콜레스테롤의 변화는 <Table 20>과 같다. 검증결과, 총콜레스테롤은 집단 내·집단 간 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 20. Comparison of Total cholesterol after 12 weeks

Group	Total cholesterol (mg/dL)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	182.00±36.19	181.71±41.46	-0.29±16.23	.047	.964
Afternoon exercise (n=7)	181.43±24.64	169.14±18.54	-12.28±19.34	1.681	.144
Control (n=7)	170.14±15.99	177.57±27.83	7.43±16.64	-1.181	.282
SS	626.000	574.571	1381.714		
df	2	2	2		
MS	313.000	287.286	690.857		
F	.432	.304	2.267		
<i>p</i>	.656	.742	.132		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

5) 고밀도지단백콜레스테롤 (High density lipoprotein cholesterol)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 고밀도지단백콜레스테롤의 변화는 <Table 21>과 같다. 집단 내 검증결과, 고밀도지단백콜레스테롤은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군($p=.017$)과 오후운동군($p=.038$)에서 유의하게 증가하였다.

Table 21. Comparison of High density lipoprotein cholesterol after 12 weeks

Group	High density lipoprotein cholesterol (mg/dL)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	50.05±8.02	55.84±9.71	5.79±4.66	-3.291	.017
Afternoon exercise (n=7)	52.94±14.84	57.16±15.26	4.21±4.40	-2.646	.038
Control (n=7)	55.73±7.57	57.17±6.09	1.44±5.09	-.749	.482
SS	112.875	8.150	67.889		
df	2	2	2		
MS	56.437	4.075	33.944		
F	.495	.034	1.557		
<i>p</i>	.617	.967	.238		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

6) 저밀도지단백콜레스테롤 (Low density lipoprotein cholesterol)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 저밀도지단백콜레스테롤의 변화는 <Table 22>와 같다. 검증결과, 저밀도지단백콜레스테롤은 집단 내·집단 간 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 22. Comparison of Low density lipoprotein cholesterol after 12 weeks

Group	Low density lipoprotein cholesterol (mg/dL)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	113.09±31.17	115.56±38.03	2.46±11.78	-.553	.600
Afternoon exercise (n=7)	108.94±17.75	96.19±14.09	-12.76±20.15	1.675	.145
Control (n=7)	95.76±15.04	102.06±23.25	6.30±14.29	-1.167	.288
SS	1147.096	1381.277	1422.352		
df	2	2	2		
MS	573.548	690.639	711.176		
F	1.137	.948	2.849		
<i>p</i>	.343	.406	.084		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

7) 중성지방 (Triglyceride)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 중성지방의 변화는 <Table 23>과 같다. 집단 내 검증결과, 중성지방은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군에서 유의하게 감소($p=.015$)하였다.

Table 23. Comparison of Triglyceride after 12 weeks

Group	Triglyceride (mg/dL)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	94.29±48.04	51.57±25.81	-42.71±33.55	3.368	.015
Afternoon exercise (n=7)	97.71±78.76	79.00±58.79	-18.71±49.02	1.010	.351
Control (n=7)	93.29±8.65	91.71±13.63	-1.57±13.73	.303	.772
SS	75.524	5892.667	5979.429		
df	2	2	2		
MS	37.762	2946.333	2989.714		
F	.013	2.052	2.413		
<i>p</i>	.987	.158	.118		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

4. BDNF 관련인자

1) 성장호르몬 (Growth hormone)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 성장호르몬의 변화는 <Table 24>와 같다. 검증결과, 성장호르몬은 집단 내·집단 간 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 24. Comparison of Growth hormone after 12 weeks

Group	Growth hormone (ng/mL)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	0.58±0.70	1.19±1.12	0.61±0.73	-2.195	.071
Afternoon exercise (n=7)	0.47±0.41	1.61±2.18	1.13±2.15	-1.396	.212
Control (n=7)	0.64±1.21	0.55±1.43	-0.09±0.32	.758	.477
SS	.099	3.978	5.280		
df	2	2	2		
MS	.049	1.989	2.640		
F	.070	.743	1.511		
<i>p</i>	.933	.490	.247		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	NS		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference.

2) 인슐린유사성장인자-1 (Insulin-like growth factor-1)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 인슐린유사성장인자-1의 변화는 <Table 25>와 같다. 집단 내 검증결과, 인슐린유사성장인자-1은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군에서 유의하게 증가($p=.014$)하였다. 집단 간 차이 검증에서는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 유의한 차이($p=.002$)가 나타났다, 사후검증 결과 오전운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

Table 25. Comparison of Insulin-like growth factor-1 after 12 weeks

Group	Insulin-like growth factor-1 (ng/mL)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	212.79±85.38	263.13±109.62	50.34±39.12	-3.405	.014
Afternoon exercise (n=7)	178.52±75.81	204.65±50.89	26.13±31.39	-2.202	.070
Control (n=7)	220.97±42.29	193.90±31.55	-27.07±35.83	1.999	.093
SS	7101.810	19431.657	21954.537		
df	2	2	2		
MS	3550.905	9715.829	10977.268		
F	.719	1.868	8.667		
<i>p</i>	.501	.183	.002		
<i>Post-hoc</i>	NS	NS	ME > C		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference, ME: morning exercise, C: control.

3) 뇌신경성장인자 (Brain derived neurotrophic factor)

12주간의 운동프로그램 참여 전·후 뇌신경성장인자의 변화는 <Table 26>과 같다. 집단 내 검증결과, 뇌신경성장인자는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군에서 유의하게 증가($p=.001$)하였다. 집단 간 차이 검증에서는 운동프로그램 참여 후($p=.019$) 및 운동프로그램 참여 전·후 변화량($p=.005$)에서 유의한 차이가 나타났고, 사후검증 결과 오전운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

Table 26. Comparison of Brain derived neurotrophic factor after 12 weeks

Group	Brain derived neurotrophic factor (ng/mL)				
	pre	post	difference	<i>t</i>	<i>p</i>
Morning exercise (n=7)	24.18±4.36	34.93±5.03	9.25±5.00	-5.680	.001
Afternoon exercise (n=7)	26.56±3.28	27.97±4.58	2.91±3.68	-1.016	.349
Control (n=7)	25.63±6.31	23.81±7.23	-1.81±7.12	.674	.526
SS	20.042	326.892	431.130		
df	2	2	2		
MS	10.021	163.446	215.565		
F	.432	4.977	7.236		
<i>p</i>	.656	.019	.005		
<i>Post-hoc</i>	NS	ME > C	ME > C		

Values are mean±standard deviation.

NS: no significant difference, ME: morning exercise, C: control.

IV. 논 의

본 연구는 달리기 기술과 체력운동으로 구성된 유·무산소성 복합운동 형태의 운동프로그램에서 시간대별로 오전운동 및 오후운동의 참여가 비만 초등학생의 신체조성과 체력, 대사성질환 위험요인 및 BDNF 관련인자에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하였다.

1. 건강증진의 효과

1) 신체조성의 변화

신체조성은 화학적 측면에서 탄수화물, 지방, 단백질, 수분, 무기질 등이 포함되고, 조직적 측면에서 피부, 근육, 뼈, 내장 등 여러 기관으로 구분된다. 다양한 신체조성 성분 중 체지방량과 체지방률은 비만과 건강, 신체활동 등 올바른 성장발육 발달에 중요한 영향을 미치는 요소이다(이청무, 남윤신, 이선경, 2005). 과도한 칼로리 섭취는 체내에 지방 성분으로 축적되고, 과도한 체지방의 축적은 고혈압, 고지혈증 등 각종 대사성질환을 일으키는 주요 원인으로 작용하게 된다(ACSM, 2009). 규칙적으로 1주일에 3회 이상 운동을 실시하면 체지방 감소와 함께 체지방 조직을 증가시켜 에너지 소비를 높일 수 있고(ACSM, 2009), 신체조직 성분에 긍정적인 영향을 미쳐 비만을 감소하고, 각종 대사성질환의 발병률을 낮추는데 효과적이다(Garrow & Summerbell, 1995).

본 연구에서 오전 및 오후 운동프로그램의 참여가 신체조성 성분에 미치는 효과를 분석한 결과, 체중은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군에서 유의하게 감소하였고, 통제군에서 유의하게 증가하였으며, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다. 신체질량지수는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군과 오후운동군에서 유의하게 감소하였고, 통제군에서 유의하게 증가하였으며, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오전운동군 및 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다. 체지방률은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군과 오후운동군에서 유의하게 감소하였고, 집단

간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다. 허리둘레는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군과 오후운동군에서 유의하게 감소하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오전운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

선행연구를 살펴보면, Dao, Frelut, Peres, Bourgeois & Navarro(2004)는 비만 청소년을 대상으로 수영, 체조, 걷기 등의 운동을 6-12개월, 주 3회 90분간 실시한 결과, 체중과 체지방률의 유의한 감소를 보고하였고, Owens 등(1999)은 성장기 비만학생을 대상으로 4개월 동안 유산소성 운동을 실시한 결과, 체지방률이 유의하게 감소하였다고 보고하였다. 김종호(2012)는 12주간 정규 수업 전 0교시를 이용하여 오전 운동을 실시한 결과, 체질량지수의 유의한 감소를 보고하였고, 강한일(2003)은 오전 운동과 오후운동으로 구분하여 12주간 유·무산소성 복합 운동프로그램을 실시한 결과, 체중은 오전운동군에서만 유의하게 감소하였고, 체지방은 오전운동군과 오후운동군에서 모두 유의한 감소를 보였으나 오전운동군이 더 큰 폭으로 감소하였다고 보고하여 본 연구결과를 뒷받침 해주고 있다. 한편, 허리둘레는 비만인의 복부비만을 예측하는 가장 효율적인 지표로 사용되고 있고, 복부비만이 비만인의 대사성질환 발병과 높은 상관성을 지니고 있어 최근에는 허리둘레의 중요성이 강조되고 있다 (Klein et al., 2007). 본 연구에서는 12주 후 오전운동군과 오후운동군에서 모두 비만 초등학생의 복부비만을 추정할 수 있는 지표인 허리둘레가 유의하게 감소하였다. 허리둘레가 운동처치를 통한 비만인의 복부지방량의 변화를 분석하는데 효율적인 방법이고(Molarius, Seidell, Sans, Tuomilehto & Kuulasmaa, 1999), 운동프로그램의 참여를 통한 허리둘레의 감소는 복부 내장지방의 감소를 예측할 수 있다는 연구결과(Slantz et al., 2005)를 고려할 때, 본 연구에서 허리둘레의 유의한 감소는 매우 의미 있는 결과라 판단된다.

이러한 결과는 아침 식전의 비교적 낮은 혈당 상태와 지방 분해효소의 높은 활성으로 운동의 효과가 보다 높아진 것이라 생각된다. 즉, 오전(5-8시)에 부신피질자극 호르몬의 분비가 가장 높고(민헌기, 1990), 당질코르티코이드가 증가하여 지방분해가 활성화될 수 있으며, 특히 아침 식전 혈당치가 가장 낮을 때 cAMP가 상승하여(신길수, 오학수, 홍성찬, 임순길, 1990) 리파아제가 활성화됨으로써 지방 분해가 유도되어 체중 및 체지방 등의 비만 감소효과가 높아진 것이라 생각된다.

2) 체력의 변화

체력은 추상적이고 내포되어 있는 의미가 광범위하여 사회의 시대적 배경과 학자들의 견해에 따라 다양하게 정의되어 왔다(김주학, 2000). 1960년대에는 체력을 주어진 조건하에서 근육운동이 요구되는 작업을 만족스럽게 수행하는데 필요한 능력으로 정의하였고, 1970년대에 들어와서는 건강의 유지 및 증진을 위하여 운동을 통한 체력의 향상이 강조되었다(AAHPERD, 1980). 이후 ACSM(American College of Sports Medicine)에서 체력을 건강관련체력(health-related fitness)과 운동기능관련체력(motor skill-related fitness)으로 분류하였고(ACSM, 2009), 일반인들이 건강한 삶을 영위하기 위하여 건강관련체력에 관심이 집중되고 있다(김주학, 2000). 특히 성장기에 있는 초등학생에게 있어 체력은 평생 동안 자신의 건강과 밀접하게 관련된다는 점에서 매우 중요한 요인이라 할 수 있다(고흥환, 1998). 최근에는 체력을 단지 질병이 없는 소극적인 상태의 건강이 아니라 보다 활동적이고 적극적으로 생활할 수 있는 능동적인 건강상태의 개념으로 해석하고 있다(체육과학연구원, 1999). 즉, 단순히 신체적인 측면만을 의미하는 것이 아니라 신체적·정신적·사회적 측면을 모두 포함하는 포괄적인 개념으로 해석할 수 있고, 인간의 삶을 영위해 나가는데 기초가 되는 모든 능력의 총화라고 정의할 수 있다(노영호, 이동규, 박익렬, 2003).

본 연구에서 오전 및 오후 운동프로그램의 참여가 체력 수준에 미치는 효과를 분석한 결과, 배근력과 윗몸일으키기는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군과 오후운동군에서 유의하게 증가하였다. 앉아윗몸앞으로굽히기는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오후운동군에서 유의하게 증가하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다. 왕복오래달리기는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군과 오후운동군에서 유의하게 증가하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

선행연구를 살펴보면, Farris, Taylor, Williamson & Robinson(2011)은 비만 초등학생을 대상으로 12주간 유·무산소성 복합운동을 실시한 결과, 근력, 근지구력, 유연성, 심폐지구력이 유의하게 증가하였다고 보고하였고, Knopfli 등(2008)은 비만 아동을 대상으로 8주간 신체활동을 실시한 결과, 심폐지구력 등 체력지수가 유의하게 증가하였다고 보고하였으며, 송지환(2014)은 초등학생을 대상으로 24주간 정규 수업

전 0교시를 이용하여 오전운동을 실시한 결과, 근력, 근지구력, 유연성, 심폐지구력이 유의하게 증가하였다고 보고하여 본 연구결과를 뒷받침 해주고 있다. 또한, 초등학생을 대상으로 수행된 선행연구에서 체지방이 높을수록 체력 수준이 유의하게 낮고(노영호 등, 2003; 유재형, 김창범, 1982), 비만에 따른 과다 체중 현상이 단위체중당 최대산소 섭취량을 감소시킨다(Cureton & Sparling, 1980)는 연구결과를 볼 때, 본 연구에서도 비만 수준의 감소와 체력 수준의 향상 간 유의한 영향이 있다고 생각된다.

3) 대사성질환 위험요인의 변화

대사성질환은 인체 내 물질대사 장애에 의해서 발생하는 질환을 총칭하는 것으로 당질대사의 이상에 의한 당뇨병, 혈관 내 혈액의 압력 이상에 의한 고혈압, 지질대사의 이상에 의한 고지혈증, 고지혈증이 심화되어 발병하는 동맥경화성 심혈관질환 등이 주요 질환으로 알려져 있고, 비만이나 운동부족 등의 생활습관이 주요 원인으로 제시되고 있다. 특히 성장기 비만은 소아청소년기의 대사성질환 발병률을 증가시킬 뿐만 아니라 장기적으로 정신적 문제 및 생리적 손상을 일으켜 성인기 비만 및 각종 대사성질환의 발병 위험률을 증가시키는 주요 원인으로 작용한다(Coran, Ball & Cruz, 2003). 규칙적인 운동의 참여는 평활근 세포와 내피 세포의 분화를 촉진시킴으로써 대동맥 혈관의 확장을 통한 동맥 내경을 증가시키고, 모세혈관 수를 증가시켜 혈관구조에 긍정적인 변화를 나타낸다(Brown, Hansson & Sejersted, 2003). 특히 운동을 통한 동맥의 혈류량 증가에 따른 대동맥의 적응은 동맥의 내경을 증가시켜 각종 대사성질환 위험요인의 수준을 개선시키는 것으로 보고되고 있다(Poehiman & Horton, 1989).

혈압이란 혈액이 혈관 벽에 가하는 힘을 의미하고 고혈압은 지속적으로 동맥혈압이 높은 상태를 나타낸다. 고혈압은 심장의 부하를 증가시켜 심비대를 유발하고 심혈관의 동맥경화를 촉진시킴으로써 협심증이나 심근경색, 부정맥, 심부전 등의 심혈관계 질환을 유발하게 된다. 소아청소년기 혈압의 증가는 비만과 상관관계가 높고(Lurbe, Alvarez & Redon, 2001), 비만으로 인한 교감신경계의 활성화(Hall, 1994), 지방조직에 의한 모세혈관의 압박(최현석, 신현호, 1998) 등이 주요 원인으로 제시되고 있으며, 규칙적인 운동의 참여는 비만도 및 혈압을 감소시키는데 긍정적인 역할을 한다고 보고되고 있다(Kovacs, Fajcsak, Gabor & Martos, 2009).

혈당은 혈액 속에 함유되어 있는 포도당을 의미하고, 당뇨병은 혈당이 높아져서 발병하는 대사성질환이다. 혈당은 간의 작용을 중심으로 인슐린, 글루카곤, 에피네프린, 당질코르티코이드 등 각종 호르몬의 상호작용으로 혈액 내에서 적절한 농도를 유지한다. 소아청소년기 비만은 췌장 베타 세포의 기능을 감소시키고 혈당을 분해하는 인슐린의 효능이 감소하여 공복혈당장애를 유발하는 원인으로 작용하고(강재현, 김규남, 이선영, 유선미, 2009), 규칙적인 운동 참여를 통하여 체력수준이 향상되면 혈당 조절능력이 향상되는 것으로 보고되고 있다(Maiorana, O'Driscoll, Goodman, Taylor & Green, 2002).

고밀도지단백콜레스테롤은 동맥벽 안쪽에 막을 형성하여 지방이 축적되었을 때 이를 이용하거나 혈관 내 축적된 콜레스테롤을 간으로 운반시켜 제거하는 역할을 함으로써(Tsompanidi, Brinkmeier, Fotiadou, Giakoumi & Kypreos, 2010), 동맥경화성 질환의 예방인자, 항콜레스테롤인자 또는 장수인자라고 불려지기도 한다(Haskell, 1984). 규칙적인 운동의 참여는 고밀도지단백콜레스테롤을 증가시키는데 긍정적인 영향을 미치고(Nieman et al., 1990), 고밀도지단백콜레스테롤의 수치가 1mg/dL 증가하면 관상동맥질환의 위험도는 약 2-3% 감소하고, 이로 인한 사망률은 약 4-5% 감소하는 것으로 보고되고 있다(Gordon et al., 1989).

중성지방은 체내에 있는 지방의 일종이다. 중성지방은 체내의 지방세포와 리포프로테인의 구성 성분으로 지방조직에 주요 에너지원으로 저장되고, 혈중지질 성분의 약 95%를 차지한다(최춘길, 이용수, 2004). 혈중 중성지방의 농도는 관상동맥 질환과 말초혈관 질환의 위험 요인으로 제시되고 있고(최춘길, 이용수, 2004), 규칙적인 운동의 참여는 혈중으로 유리지방산을 방출시켜 골격근 세포의 에너지원으로 사용하게 함으로써 중성지방의 분해를 촉진하게 된다(Tseng et al., 2013).

본 연구에서 오전 및 오후 운동프로그램의 참여가 대사성질환 위험요인에 미치는 효과를 분석한 결과, 수축기 혈압은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오후운동군에서 유의하게 감소하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다. 이완기혈압은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군에서 유의하게 감소하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오전운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다. 공복혈당은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오후운동군에서 유의하게 감소하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여

후에 오전운동군 및 오후운동군이 통제군보다 유의하게 낮게 나타났다. 고밀도지단백콜레스테롤은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군과 오후운동군에서 유의하게 증가하였고, 중성지방은 오전운동군에서 유의하게 감소하였다.

특히 본 연구결과에서 오후운동군의 수축기 혈압($\geq 120\text{mmHg}$) 및 이완기 혈압($\geq 80\text{mmHg}$)은 초등학생임에도 불구하고 정상범위보다 높게 나타났고, 오전운동군 및 통제군의 학생들도 정상범위 내에는 있으나 위험한 수준으로 나타나 현재 비만 초등학생들의 높은 고혈압 발병 위험성을 나타내고 있는 실정에서, 오전 및 오후 운동프로그램의 참여를 통한 수축기 혈압과 이완기 혈압의 유의한 감소는 주목할 만한 결과라 할 수 있다. 또한 고밀도지단백콜레스테롤의 증가는 총콜레스테롤 및 저밀도지단백콜레스테롤의 감소보다 대사성질환 위험요인의 개선에 보다 긍정적으로 작용하기 때문에(Chapman, Assmann, Fruchart, Sheperd & Sirtori, 2004), 고밀도지단백콜레스테롤을 증가시키는 것이 중요하다고 보고되고 있는 실정에서, 오전 및 오후 운동프로그램의 참여를 통한 고밀도지단백의 유의한 증가 역시 매우 의미 있는 결과라 생각된다.

선행연구를 살펴보면, Jekal 등(2009)은 10-12세 소아청소년을 대상으로 12주간 운동처치를 실시한 결과, 혈압 및 총콜레스테롤, 저밀도지단백콜레스테롤이 유의하게 감소하고, 고밀도지단백콜레스테롤이 유의하게 증가하였다고 보고하였고, 최춘길 등(2004)은 비만 남자 중학생을 대상으로 복합운동을 실시하여 고밀도지단백콜레스테롤의 유의한 증가 및 총콜레스테롤과 중성지방의 유의한 감소를 보고하였으며, 이재구, 강병용, 김대수, 정동근(2013)은 초등학생을 대상으로 13주간 오전운동을 실시한 결과, 혈당이 유의하게 감소하였다고 보고하여 본 연구결과를 뒷받침 해주고 있다.

이상의 결과를 종합해보면, 달리기 기술과 체력운동으로 구성된 유·무산소성 복합 운동형태의 프로그램은 운동에 따른 활동량을 증가시키고 기초대사와 지방분해능력을 향상시켜 신체조성 성분 개선 및 체력 수준의 향상 효과를 나타내고, 이를 통해 혈압, 공복혈당, 중성지방, 고밀도지단백콜레스테롤 등의 대사성질환 위험요인을 긍정적으로 개선시키는데 유의한 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다.

특히 본 연구결과에서 오전운동군과 오후운동군 간 매우 유사한 건강증진 효과를 나타내고 있음에 주목할 수 있다. 인간의 생체리듬(circadian rhythm) 측면에서 살펴보면, 운동시간대에 있어 이른 아침의 오전은 운동에 적합한 신체 상태를 갖추기에

부적절하다는 견해가 보고된 바 있다(이소은, 최승욱, 김규태, 2007). 이는 이른 아침에는 야간의 발한에 의해 수분부족상태(탈수상태)로 체수분량이 감소하고, 체온과 혈압도 다른 시간대보다 약간 낮은 경향을 나타냄으로써 운동내성이 낮은 경우가 발생할 수 있다는 견해(Sundberg, 1987; Muller et al., 1987)에서 제시된 것이라 생각된다. 그러나 본 연구에서 수행된 오전운동 프로그램의 시간대는 초등학생이 아침에 기상하고 등교한 후(08시부터)에 이루어진 것으로써 생체리듬 측면에서 운동하기에 부적합한 상태의 이른 아침에서는 벗어난 시간대라고 생각된다. 이러한 측면에서 본 연구결과에서 도출된 오전운동 프로그램 참여를 통한 비만 초등학생들의 건강증진 효과는 매우 의미 있는 결과라 사료된다.

2. 뇌신경성장인자의 활성화 효과; 인지능력의 향상 효과

BDNF 관련인자 중 성장호르몬은 소아청소년기 성장인자를 자극하는 대표적인 호르몬으로 성장기 아동에게 있어 매우 중요하다. 성장호르몬은 뇌하수체 전엽에서 분비되고, 여러 세포들과 상호작용하면서 체내의 골격, 연골 등의 성장뿐만 아니라 지방분해와 단백질의 합성, 세포의 증식을 촉진하는 역할을 한다(Rogol, 1989). 비만은 성장호르몬을 분비하는 능력을 현저히 감소시키고(박익렬, 2004), 이는 다시 비만하게 만드는 원인으로 작용하여 악순환이 지속된다. 성장호르몬의 분비는 스트레스, 수면, 영양, 운동 등의 다양한 요인에 의해 영향을 받는데, 특히 규칙적인 운동에 의해 분비가 촉진되는 것으로 보고되고 있다(Kanaley, Weatherup-Dentes, Jaynes & Hartman, 1999). 인슐린유사성장인자-1은 성장호르몬 수용기 자극을 통하여 골과 골격근의 국소적 부위에서 생성되는 호르몬으로 신경세포의 성장, 분화 및 생존에 기여하고 발육형태에 영향을 미치는 성장판의 연골세포 증식에 매우 중요한 영향을 미친다(Florini et al., 1996). 또한 인슐린유사성장인자-1은 유전자의 신경발생 BDNF 유전자 조절을 중재하고, 뇌에서 신경단위 성장과 분화에 관여함으로써, BDNF의 발현을 유도하는 신호전달경로의 상위에 있는 매개 인자로 보고되고 있다(Carro et al., 2000). 체지방 및 신체질량지수 등 비만도의 증가 및 성장호르몬 수용체의 감소, 인슐린 작용의 감소 등은 인슐린유사성장인자-1의 수준을 감소시키는 주된 요인으로 작용하고(Allen, Monke, Talmadge, Roy & Edgerton, 1995), 규칙적인

운동은 인슐린유사성장인자-1의 합성을 촉진하고 근수축의 증대로 인한 골격근의 성장 및 비대를 유발한다(Fan, Molina, Gelato & Lang, 1994). 또한 운동은 뇌와 말초신경에서 인슐린유사성장인자-1의 수준과 뇌혈관벽 주변을 가로지르는 신경 전달 물질을 증가시켜(Reinhardt & Bondy, 1994) 신경발생 및 인지기능을 포함한 뇌 기능에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Carro et al., 2000).

BDNF(Brain derived neurotrophic factor)는 뇌에서 학습과 기억, 사고 기능을 담당하는 해마, 피질, 전뇌 기저부에서 활동하는 신경 친화성 인자이다(Cotman & Berchtold, 2002). BDNF는 중추 및 말초신경계의 신경세포에 작용하는 단백질로, 신경세포 간의 시냅스 가소성을 증가시킴으로써 LTP(Long-term potentiation)가 증가되어 인지기능을 향상시키고, 산화적 스트레스 억제 단백질 유전자의 발현을 유도함으로써 기존의 신경세포의 생존을 보호하고 새로운 신경세포와 시냅스의 분화 및 성장을 촉진시키는 것으로 알려져 있다(백성수, 2007; Cotman et al., 2002; Cunha, Brambilla & Thomas, 2010). 성장기의 비만은 BDNF의 수준을 감소시키고, 이는 뇌 기능의 활성 감소와 뇌세포 생성 감소, 체중조절능력 감소, 섭식장애, ADHD (Attention-deficit/hyperactivity disorder) 등의 문제를 유발하는 원인이 된다(Friedel et al., 2005). 규칙적인 운동은 해마와 소뇌 대뇌피질, 척수에서 BDNF의 발현을 증가시키고, 뇌조직에서 BDNF의 유전자 발현 증가는 신경성장, 신경기능 및 생존력 강화를 통해서 뇌신경의 손상이나 쇠퇴에 대한 저항성을 증가시킨다(Neeper et al., 1996).

본 연구에서 오전 및 오후 운동프로그램의 참여가 BDNF 관련인자에 미치는 효과를 분석한 결과, 인슐린유사성장인자-1와 뇌신경성장인자는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군에서 유의하게 증가하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오전운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

선행연구를 살펴보면, Roelen 등(1997)과 Koziris 등(1999)은 남학생을 대상으로 복합운동을 실시한 결과, IGF-1이 유의하게 증가하였다고 보고하였고, Ding, Vaynman, Akhavan, Ying & Gomez-Pinilla(2006)는 운동프로그램 참여를 통한 IGF-1의 신호전달을 분석한 결과, 운동에 의한 해마 의존적 학습력 및 유연성이 유의하게 개선되었다고 보고하였다. Roth, Elfers, Gebhardt, Muller & Reinehr(2013)는 비만아동을 대상으로 체중감량 운동을 실시한 결과, 체중감소 효과와 함께 혈청 BDNF 농도가 유의하게 증가하였다고 보고하였고, Seifert 등(2010)은 3개월간 운동

프로그램을 실시하여 BDNF의 유의한 증가를 보고하였다. Ryun & Kim(2012)은 초등학교 학생을 대상으로 12주간 유·무산소성 복합운동을 실시한 결과, BDNF가 유의하게 증가하였다고 보고하였고, Ang, Dawe, Wong, Moochhala & Ng(2006)는 12주간 트레이드밀 운동을 실시하여 운동과 BDNF의 관계를 분석한 결과, 운동프로그램 참여로 콜린 신경세포수와 활성이 증가되어 학습 및 기억력이 유의하게 향상되었다고 보고하였다. 또한 이재구 등(2013)은 초등학교 학생을 대상으로 유·무산소성 복합 오전운동을 실시하여 IGF-1 및 BDNF의 유의한 증가를 보고하였고, 김정주, 정구인, 고전규(2014)는 수업 전 0교시를 이용하여 오전운동을 실시한 결과, 세타(theta)파와 베타(beta)파, 감마(gamma)파 등 뇌파가 유의하게 활성화되고 이를 통해 수업 집중력이 향상되었다고 보고하였으며, Ratey & Hagerman(2008)은 규칙적인 오전운동은 초등학교 학생들의 뇌 발달과 연하여 뇌 신경의 활성화와 인지적, 정서적 발달을 초래한다고 보고하여 본 연구결과를 뒷받침 해주고 있다.

본 연구의 오전운동군에서 인슐린유사성장인자-1 및 뇌신경성장인자의 유의한 증가와 신체질량지수, 체지방률, 허리둘레 등의 비만도 감소 및 근력, 근지구력, 심폐지구력 등 체력수준의 향상을 복합적으로 고려해볼 때, 오전운동을 통한 BDNF 관련인자의 향상은 지방세포 분화 조절과 관련성이 있고, 체력수준과도 밀접한 관련성을 지니고 있는 것으로 해석할 수 있다. 인슐린유사성장인자-1의 증가는 근육 내 혈당의 유입을 통해 혈당과 콜레스테롤 등의 소비를 증가시켜 체지방률의 감소와 체력수준을 증가시키고(Eliakim, Scheett, Newcomb, Mohan & Cooper, 2001; Scavo, Karas, Murray & Leroith, 2004), 뇌신경성장인자의 증가는 지질의 개선 및 인슐린유사성장인자-1의 향상과 함께 오전운동이 뇌신경에 지속적인 자극을 주고 혈액 내 트로포판 수치를 늘려주면서 시냅스를 형성하는 단백질 및 신경전달물질인 세로토닌과 글루탄산염을 활성화시킴으로써 증가된 것으로 설명할 수 있다(김동문, 어수주, 임예현, 2012; 장문녀, 백일영, 윤진환, 서태범, 2011; Nonomura et al., 2001).

본 연구결과와 선행연구 결과를 종합해보면, 본 연구에서 비만 초등학교 학생을 대상으로 수행한 유·무산소성 복합운동 형태의 운동프로그램은 운동 수행 과정에서 기초대사와 지방분해 능력을 증대시키고, 근육조직의 유리지방산 흡수, 근육 내 산화능력 향상 및 근육 내의 지단백 리파아제 합성과 분비능력을 개선시켜 비만 초등학교 학생의 비만도 감소와 건강증진에 있어 매우 긍정적인 효과를 나타내고 있다. 특히 오전운동에서 신체조성 성분의 개선과 건강관련체력의 향상, 대사성질환 위험요인의 개

선과 함께 BDNF 관련인자의 유의한 증가는 오전운동의 참여가 비만 초등학생의 건강을 증진시킴과 동시에 신경세포생성을 자극시켜 인지기능의 향상을 도모하고 있음을 보여주고 있다. 이는 정규 수업 전 오전운동을 단순히 기능위주의 신체활동으로 생각하고 체력을 저하시켜 피곤한 상태로 수업에 들어가 학습에 부정적인 영향을 미친다는 사람들의 사회 통념적인 생각을 바꾸어줄 수 있는 계기를 마련했다는 점에서 매우 의미 있는 결과라 사료된다. 따라서 수업 전 오전운동 프로그램의 참여가 초등학생들의 비만 예방 및 건강증진과 함께 두뇌활동의 활성화를 도모하여 학습에 대한 집중력과 인지기능을 향상시켜 전반적인 학업성취능력을 향상시킬 수 있는 토대를 마련해 줄 수 있을 것이라 기대된다.

V. 결 론

본 연구는 달리기 기술과 체력운동으로 구성된 유·무산소성 복합운동 형태의 운동프로그램에서 시간대별로 오전운동 및 오후운동의 참여가 비만 초등학생의 신체조성과 체력, 대사성질환 위험요인 및 BDNF 관련인자에 어떠한 영향을 미치는지를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 신체조성의 변화

- 1) 체중은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군에서 유의하게 감소하였고, 통제군에서 유의하게 증가하였으며, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.
- 2) 신체질량지수는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군과 오후운동군에서 유의하게 감소하였고, 통제군에서 유의하게 증가하였으며, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오전운동군 및 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.
- 3) 체지방률은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군과 오후운동군에서 유의하게 감소하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.
- 4) 허리둘레는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군과 오후운동군에서 유의하게 감소하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오전운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

2. 체력의 변화

- 1) 배근력과 윗몸일으키기는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군과 오후운동군에서 유의하게 증가하였다.
- 2) 앉아윗몸앞으로굽히기는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오후운동군에서 유의하게 증가하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.
- 3) 왕복오래달리기는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전

운동군과 오후운동군에서 유의하게 증가하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

3. 대사성질환 위험요인의 변화

- 1) 수축기 혈압은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오후운동군에서 유의하게 감소하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오후운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.
- 2) 이완기혈압은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군에서 유의하게 감소하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오전운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.
- 3) 공복혈당은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오후운동군에서 유의하게 감소하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 후에 오전운동군 및 오후운동군이 통제군보다 유의하게 낮게 나타났다.
- 4) 고밀도지단백콜레스테롤은 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군과 오후운동군에서 유의하게 증가하였다.
- 5) 중성지방은 오전운동군에서 유의하게 감소하였다.

4. BDNF 관련인자의 변화

- 1) 인슐린유사성장인자-1와 뇌신경성장인자는 운동프로그램 참여 전과 비교하여 운동프로그램 참여 후 오전운동군에서 유의하게 증가하였고, 집단 간에는 운동프로그램 참여 전·후 변화량에서 오전운동군과 통제군 간 유의한 차이가 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면, 달리기 기술과 체력운동으로 구성된 유·무산소성 복합운동 형태의 운동프로그램에서 시간대별로 오전운동 및 오후운동의 참여가 비만 초등학생의 비만도 감소 및 건강증진에 긍정적인 효과 있음을 알 수 있다. 특히 오전운동 프로그램은 비만 초등학생의 건강증진 효과와 더불어 두뇌활동의 활성화를 도모하는데 효과적인 처치임을 입증하고 있고, 이는 본 연구만의 차별성을 보여주는 결과로, 매우 가치 있는 연구결과라 생각된다. 결론적으로 선행연구 결과와 본 연구 결과를 토대로 정규 수업 전 오전운동 프로그램의 참여가 비만 초등학생의 비만도 감소 및 건강증진의 효과와 함께 학습에 대한 집중력과 인지기능을 향상시켜 전반적

인 학업성취능력을 향상시킬 수 있는 토대를 마련해 줄 수 있을 것이라 기대되고, 향후 지속적인 종단적 연구를 통해 보다 명확히 입증할 필요성이 있다고 사료된다.

참고문헌

- 강재현, 김규남, 이선영, 유선미(2009). 청소년기 공복혈당장애와 관련된 요인. **대한비만학회지**, 18(1), 38-45.
- 강한일(2003). **오전 오후 운동이 체중과 신체조성에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문, 인천대학교 교육대학원.
- 고흥환(1998). **체육의 측정평가**. 서울: 연세대학교 출판부.
- 교육과학기술부(2012). **학생건강검사 표본조사 결과**.
- 권혁용, 우정일, 이정희(2014). **BOKS “초등 아침 체육활동”**. 건강한 신체활동 연구소.
- 김동문, 어수주, 임예현(2012). 운동에 의한 후성 유전적 조절에 따른 해마 CA1 영역에서의 BDNF 및 postsynaptic 단백질 발현 유도. **한국체육학회지**, 51(1), 463-471.
- 김선호, 김동희, 고영호, 김성철, 최석준(2001). 저항성운동이 비만 여중생의 혈중지질, 성장호르몬 및 인슐린양성인자-1에 미치는 영향. **운동과학**, 10(1), 57-68.
- 김정주, 정구인, 고전규(2014). 0교시 체육활동에 따른 수업시간대별 집중력의 차이 분석. **한국초등체육학회지**, 19(4), 153-163.
- 김종호(2012). **중학생들의 영교시 체육수업이 신체적 자기개념, 체질량지수, 학업성취도에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문, 세종대학교 대학원.
- 김주학(2000). 남·여 중학생간 건강관련 체력구조의 요인불변성 검증. **한국사회체육학회지**, 18, 513-524.
- 노동진, 제갈윤석(2013). 과체중 또는 비만 초등학생의 비만측정 방법에 따른 비만율과 인슐린저항성 및 대사증후군 실태. **한국생활환경학회지**, 20(1), 88-97.
- 노영호, 이동규, 박익렬(2003). 아동의 체지방량과 체력 기록간의 차이 분석. **한국운동생리학학회지**, 12(1), 123-131.
- 대한소아과학회(2007). **2007년 한국 소아 신체발육표준치**. 대한소아과학회.
- 민현기(1990). **임상내분비학**. 서울: 고려의학.
- 박무성(2011). **네이퍼빌의 0교시 체육수업**. 국제신문 1월 19일자 사설.
- 박익렬(2004). 복합 운동프로그램이 비만 여중생의 신체조성과 성장호르몬 및 IGF-1에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 43(6), 419-427.
- 백성수(2007). 뇌 해마의 신경세포생성과 운동의 항 우울 효과. **한국운동재활학회**

- 지, 3(2), 36-48.
- 송지환(2014). 아침운동에 따른 초등학생의 체력이 학업성적에 미치는 영향. **학습자 중심교과교육연구**, 14(2), 165-179.
- 신길수, 오학수, 홍성찬, 임순길(1990). **운동생화학 입문**. 원광대학교 출판국.
- 유재형, 김창범(1982). fat rate가 체력요인에 미치는 영향. **충북대학교 논문집**, 제25집.
- 이동환(1996). 비만아의 진단과 관리. **소아과**, 39(8), 155-165.
- 이상현(2010). **운동화 신은 뇌**. 서울: 북섬.
- 이소은, 최승욱, 김규태(2007). Circadian Rhythm이 운동 후 생리적 변화에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 16(3), 599-609.
- 이재구, 강병용, 김대수, 정동근(2013). 초등학생의 아침운동이 IGF-1, BDNF 및 체력에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 22(1), 889-900.
- 이청무, 남윤신, 이선경(2005). 장기간의 발레 활동이 아동의 신체조성과 호르몬에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 14(1), 663-672.
- 장문녀, 백일영, 윤진환, 서태범(2011). 뇌 타박 손상 후해마에서 신경세포 생성 및 신경 가소성 조절 단백질 발현에 미치는 운동 기간에 따른 효과. **체육과학연구**, 22(3), 2068-2075.
- 정일규, 윤진환(2008). **휴먼 퍼포먼스와 운동생리학**. 서울: 대경북스.
- 제주특별자치도교육청(2015). **기본생활습관은 성장과 건강의 키워드**. 제주특별자치도교육청 학생건강증진센터.
- 조선일보(2010). **아침운동하며 체력·학습력 동시에 잡아요. 8월 23일자 사설**.
- 질병관리본부(2013). **제9차(2013년) 청소년건강행태온라인조사 통계**.
- 체육과학연구원(1999). **전문가를 위한 최신 운동처방론**. 서울: 21세기교육사.
- 최춘길, 이용수(2004). 유산소 운동과 유산소 및 저항운동 병행이 비만 남자 중학생의 혈중지질, 랩틴 및 인슐인에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 43(1), 579-598.
- 최현석, 신현호(1998). 고혈압과 비만. **제9차 대한비만학회 춘계학술대회**.
- AAHPERD(1980). *Health-related physical fitnesses manual re ston*. Va: American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance.
- ACSM(2009). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Wolters Kluwer: Lippincott Williams & Wilkins.
- Allen, D. L., Monke, S. R., Talmadge, R. J., Roy, R. R., & Edgerton, V. R.(1995).

- Plasticity of myonuclear number in hypertrophied and atrophied mammalian skeletal muscle fibers. *Journal of Applied Physiology*, 78(5), 1969-1976.
- Ang, E. T., Dawe, G. S., Wong, P. T., Moochhala, S., & Ng, Y. K.(2006). Alterations in spatial learning and memory after forced exercise. *Brain Research*, 1113(1), 186-193.
- Araki, S., Yamamoto, Y., Dobashi, K., Asayama, K., & Kusuhara, K.(2014). Decreased plasma levels of brain-derived neurotrophic factor and its relationship with obesity and birth weight in obese Japanese children. *Obesity Research and Clinical Practice*, 8(1), 63-69.
- Bassuk, S. S., & Manson, J. E.(2005). Epidemiological evidence for the role of physical activity in reducing risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease. *Journal of Applied Physiology*, 99(3), 1193-1204.
- Borg, G. A.(1962). *Physical performance and perceived exertion*. Lund, Sweden: Gleerup.
- Biro, F. M., Khoury, P., & Morrison, J. A.(2006). Influence of obesity on timing of puberty. *International Journal of Andrology*, 29(1), 272-277.
- Brown, R., Hansson, P., & Sejersted, O. M. (2003). Triglyceride/fatty acid cycling in increased after exercise. *Metabolism*, 39(9), 993-999.
- Carro, E., Nunez, A., Busiguina, S., & Torres-Aleman, I.(2000). Circulating insulin-like growth factor I mediates effects of exercise on the brain. *The Journal of Neuroscience*, 20(8), 2926-2933.
- Centers for Disease Control and Prevention(2011). *Health, United States, 2011. -With Special Feature on Socioeconomic Status And Health-*. <http://www.cdc.gov/nchs.hus.contents2011.htm#074>.
- Chapman, M. J., Assmann, G., Fruchart, J. C., Shepgerd, J., & Sirtori, C.(2004). Raising high-density lipoprotein cholesterol with reduction of cardiovascular risk: the role of nicotinic acid—a position paper developed by the European Consensus Panel on HDL-C. *Current Medical Research and Opinion*, 20(8), 1253-1268.
- Coran, M. I., Ball, G. D., & Cruz, M. L.(2003). Obesity and risk of type 2

- diabetes and cardiovascular disease in children and adolescents. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 88(4), 1417-1427.
- Cotman, C. W., & Berchtold, N. C.(2002). Exercise a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neurosciences*, 25(6), 295-301.
- Csabi, G., Torok, K., Jeges, S., & Molnar, D.(2000). Presence of metabolic cardiovascular syndrome in obese children. *European Journal of Pediatrics*, 159(1-2), 91-94.
- Cunha, C., Brambilla, R., & Thomas, K. L.(2010). A simple role for BDNF in learning and memory? *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 3, 1-14.
- Cureton, T. K., & Sparling, P. B.(1980). Distance running performance and metabolic responses to running in men and women with excess weight experimentally equated. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(4), 288-294.
- Dao, H. H., Frelut, M. L., Peres, G., Bourgeois, P., & Navarro, J.(2004). Effect of a multidisciplinary weight loss intervention on anaerobic and aerobic aptitudes in severely obese adolescents. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 28(7), 870-878.
- Ding, Q., Vaynman, S., Akhavan, M., Ying, Z., & Gomez-Pinilla, F.(2006). Insulin-like growth factor I interfaces with brain derived neurotrophic factor-mediated synaptic plasticity to modulate aspects of exercise-induced cognitive function. *Neuroscience*, 140(3), 823-833.
- Edwards, R. H., Melcher, A., Hesser, C. M., Wigertz, O., & Ekelund, L. G.(1972). Physiological correlates of perceived exertion in continuous and intermittent exercise with the same average power output. *European Journal of Clinical Investigation*, 2(2), 108-114.
- El-Gharbawy, A. H., Adler-Wailes, D. C., Mirch, M. C., Theim, K. R., Ranzenhofer, L., Tanofsky-Kraff, M., & Yanovski, J. A.(2006). Serum brain-derived neurotrophic factor concentrations in lean and overweight children and adolescents. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 91(9), 3548-3552.

- Eliakim, A., Scheett, T. P., Newcomb, R., Mohan, S., & Cooper, D. M.(2001). Fitness, training, and the growth hormone → inulin-like growth factor I axis in prepubertal girls. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *86*(6), 2797-2802.
- Fan, J., Molina, P. E., Gelato, M. C., & Lang, C. H.(1994). Differential tissue regulation of insulin-like growth factors-I content and binding protein after endotoxin. *Endocrinology*, *134*(4), 1685-1692.
- Farris, J. W., Taylor, L., Williamson, M., & Robinson, C.(2011). A 12-week Interdisciplinary Intervention Program for Children who are Obese. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*, *22*(4), 12-20.
- Florini, J. R., Ewton, D. Z., & Coolican, S. A.(1996). Growth hormone and the insulin-like growth factor system in myogenesis. *Endocrine Reviews*, *17*(5), 481-517.
- Friedel, S., Horro, F. F., Wermter, A. K., Geller, F., Dempfle, A., Reichwald, K., Smidt, J., Bronner, G., Konrad, K., Herpertz-Dahimann, B., Warnke, A., Hemminger, U., Linder, M., Kiefl, H., Goldschmidt, H. P., Siegfried, W., Remschmidt, H., Hinney, A., Hebebrand, J.(2005). Mutation screen of the brain derived neurotrophic factor(BDNF) gene: identification of several genetic variants and association studies in patients with obesity, eating disorders, and attention-deficit/hyperactivity disorder. *American Journal of Medical Genetics*, *132B*(1), 96-99.
- Friedewald, W. T., Levy, R. I., & Fredrickson, D. S.(1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, *18*(6), 499-502.
- Galioto, R., Spitznagel, M. B., Strain, G., Devlin, M., Cohen, R., Paul, R. & Gunstad, J.(2012). Cognitive function in morbidly obese individuals with and without binge eating disorder. *Comprehensive psychiatry*, *53*(5), 490-495.
- Garrow, J. S., & Summerbell, C. D.(1995). Meta-analysis: Effects of exercise, with or without dieting on the body composition of overweight subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, *49*(1), 1-10.

- Gatt, J. M., Kuan, S. A., Dobson-Stone, C., Paul, R. H., Joffe, R. T., Kemp, A. H., Gordon, E., Schofield, P. R., & Williams, L. M.(2008). Association between BDNF Val66Met polymorphism and trait depression is mediated via resting EEG alpha band activity. *Biological Psychology*, *79*(2), 275-284.
- Gordon, D. J., Probstfield, J. L., Garrison, T. J., Neaton, J. D., Castelli, W. P., Knote, J. D., Bangdiwala, S., & Tyroler, H. A.(1989). High density lipoprotein cholesterol and cardiovascular disease. *Circulation*, *79*(1), 8-15.
- Hadley, M. E., & Levine, J. E.(2008). *Endocrinology*. Prentice Hall, 2007-500.
- Hall, J. E.(1994). Luis K. Dahl Memorial Lecture. Renal and cardiovascular mechanisms of hypertension in obesity. *Hypertension*, *23*(3), 381-394.
- Haskell, W. L.(1984). The influence of exercise on the concentration of triglyceride and cholesterol in human plasma. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *12*, 205-244.
- Hill, R. D., Storandt, M., & Malley, M.(1993). The impact of long-term exercise training on psychological function in older adults. *Journal of Gerontology*, *48*(1), 12-17.
- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B., & Castelli, D. M.(2009). Aerobic fitness and cognitive development: event-related brain potential and task performance of executive control in preadolescent children. *Developmental Psychology*, *45*(1), 114-129.
- Hwang, J. P., Tsai, S. J., Hong, C. J., Yang, C. H., Lirng, J. F., & Yang, Y. M.(2006). The Val66Met polymorphism of the brain-derived neurotrophic-factor gene is associated with geriatric depression. *Neurobiology of Aging*, *27*(12), 1834-1837.
- Jekal, Y., Kim, E. S., Im, J. A., Park, J. H., Lee, M. K., Lee, S. H., Suh, S. H., Chu, S. H., Kang, E. S., Lee, H. C., & Jeon, J. Y.(2009). Interaction between fatness and fitness on CVD risk factors in Asian youth. *International Journal of Sports Medicine*, *30*(10), 733-740.
- Kanaley, J. A., Weatherup-Dentes, M. M., Jaynes, E. B., & Hartman, M. L.(1999). Obesity attenuates the growth hormone response to exercise. *The Journal*

of Clinical Endocrinology and Metabolism, 84(9), 3156-3161.

- Kelishadi, R., Pour, M. H., Sarraf-Zadegan, N., Sadry, G. H., Ansari, R., Alikhassy, H., & Bashardoust, N.(2003). Obesity and associated modifiable environmental factors in Iranian adolescents: Isfahan healthy heart program-heart health promotion from childhood. *Pediatrics International*, 45(4), 435-442.
- Klein, S., Allison, D. B., Heymsfield, S. B., Kelley, D. E., Leibel, R. L., Nonas, C., & Kahn, R.(2007). Waist circumference and cardiometabolic risk: a consensus statement from Shaping America's Health: Association for Weight Management and Obesity Prevention; NAASO, The Obesity Society; the American Society for Nutrition; and the American Diabetes Association. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(5), 1197-1202.
- Knopfli, B. H., Radtke, T., Lehmann, M., Schatzle, B., Eisenblatter, J., Gachnang, A., Wiederkegr, P., Hammer, J., & Brooks-Wildhaber, J.(2008). Effects of a multidisciplinary inpatient intervention on body composition, aerobic fitness, and quality of life in severely obese girls and boys. *The Journal of Adolescent Health*, 42(2), 119-127.
- Kovacs, V. A., Fajcsak, Z., Gabor, A., & Martos, E.(2009). School-based exercise program improves fitness, body composition and cardiovascular risk profile in overweight/obese children. *Acta Physiologica Hungarica*, 96(3), 337-347.
- Koziris, L. P., Hickson, R. C., Chatterton, R. T. Jr., Groseth, R. T., Christie, J. M., Goldflies, D. G., & Unterman, T. G.(1999). Serum levels of total and free IGF-1 and IGFBP-3 are increased and maintained in long-term training. *Journal of Applied Physiology*, 86(4), 1436-1442.
- Kubitz, K. A., & Mott, A. A.(1996). EEG wer spectral densities during and after cycle ergometer exercise. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67(1), 91-96.
- Lurbe, E., Alvarez, V., & Redon, J.(2001). Obesity, body fat distribution, and ambulatory blood pressure in children and adolescents. *Journal of Clinical Hypertension*, 3(6), 362-367.
- Maiorana, A., O'Driscoll, G., Goodman, C., Taylor, R., & Green, D.(2002). Combined

- aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 56(2), 115-123.
- Mattson, M. P., Maudsley, S., & Martin, B.(2004). BDNF and 5-HT: a dynamic duo in age-related neuronal plasticity and neurodegenerative disorders. *Trands Neurosci*, 27(10), 589-594.
- McLenachan, S., Lum, M. G., Waters, M. J., & Turnley, A. M.(2009). Growth hormone promotes proliferation of adult neurosphere cultures. *Growth Hormone and IGF Research*, 19(3), 212-218.
- Mihevic, P. M.(1981). Sensory cues for perceived exertion: a review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13(3), 150-163.
- Molarius, A., Seidell, J. C., Sans, S., Tuomilehto, J., & Kuulasmaa, K.(1999). Waist and hip circumferences, and waist-hip ratio in 19 populations of the WHO MONICA Project. *International Journal of Obesity and Related Metabolic disorders*, 23(2). 116-125.
- Munoz-Hoyos, A., Hubber, E., Escames, G., Molina-Carballo, A., Macias, M., Valenzuela-Ruiz, A., Fernandez-Garcia, J. M., Acuna-Castrovieio, D.(2001). Effect of propranolol plus exercise on melatonin and growth hormone levels in children with growth delay. *Journal of Pineal Research*, 30(2), 75-81.
- Muller, J. E., Ludmer, P. L., Willich, S. N., Tofler, G. H., Aylmer, G., Klangos, I., & Stone, P. H.(1987). Circadian variation in the frequency of sudden death. *Circulation*, 75(1), 131-138.
- Neeper, S. A., Gumez, P. F., Choi, J., & Cotman, C. W.(1996). Physical activity increase mRNA for brain derived neurotrophic factor and nerve growth in rat brain. *Brain Research*, 726(2), 49-56.
- Nieman, D. C., Haig, J. L., Fairchild, K. S., DeGuia, E. D., Dizon, G. P., & Register, U. D.(1990). Reducing-diet exercise training effects on serum lipids and lipoproteins in mildly obese women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 52(4), 640-645.
- Nonomura, T., Tsuchida, A., Ono-Kishino, M., Nakagawa, T., Taiji, M., & Noguchi, H.(2001). Brain-derived neurotrophic factor regulates energy

- expenditure through the central nervous system in obese diabetic mice. *International Journal of Experimental Diabetes Research*, 2(3), 201-209.
- Owens, S., Gutin, B., Allison, J., Riggs, S., Ferguson, M., Litaker, M., & Thompson, W.(1999). Effects of physical training on total and visceral fat in obese children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(1), 143-148.
- Pencea, V., Bingaman, K. D., Wiegand, S. J., & Luskin, M. B.(2001). Infusion of brain-derived neurotrophic factor into the lateral ventricle of the adult rat leads to new neurons in the parenchma of the striatum, septum, thalamus, and hypothalamus. *The Journal of Neuroscience*, 21(17), 6706-6717.
- Poehiman, E. T., & Horton, E. S.(1989). The impact of food intake and exercise on energy expenditure. *Nutrition Reviews*, 47(5), 129-137.
- Pontifex, M. B., Raine, L. B., Johnson, C. R., Chaddock, L., Voss, M. W., Cohen, N. J., Kramer, A. F., & Hillman, C. H.(2011). Cardiorespiratory fitness and the flexible modulation of cognitive control in preadolescent children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(6), 1332-1345.
- Ratey, J. J., & Hagerman, R. D.(2008). *SPARK your brain*. U.S.A: The Eric Yang.
- Reinhardt, R. R., & Bondy, C. A.(1994). Insulin-like growth factors cross the blood-brain barrier. *Endocrinology*, 135(5), 1753-1761.
- Roelen, C. A., de Vries, W. R., Koppeschaar, H. P., Vervoorn, C., Thijssen, J. H., & Blankenstein, M. A.(1997). Plasma insulin-like growth factor-1 and high affinity growth hormone-binding protein levels increase after two weeks of strenuous physical training. *International Journal of Sports Medicine*, 18(4), 238-241.
- Rogol, A. D.(1989). *Growth hormone: physiology, therapeutic use, and potential for abuse*. In: *exercise and sports sciences reviews*. Baltimore: Williams and Wikind.
- Roth, C. L., Elfers, C., Gebhardt, U., Muller, H. L., & Reinehr, T.(2013). Brain-derived neurotrophic factor and its relation to leptin in obese children before and after weight loss. *Metabolism*, 62(2), 226-234.

- Russo-Neustadt, A., Ha, T., Ramirez, R., & Kessler, J. P.(2001). Physical activity antidepressant treatment combination: impact on brain derived neurotrophic factor and behavior in an animal model. *Behavioural Brain Research*, *120*(1), 87-95.
- Ryun, M. Y., & Kim, H. J.(2012). The effects of aerobic exercise and resistance exercise on brain nerve growth factors in children. *Journal of Exercise Nutrition and Biochemistry*, *16*(3), 143-150.
- Seifert, T., Brassard, P., Wissenberg, M., Rasmussen, P., Nordby, P., Stallknecht, B., Adser, H., Jakobsen, A. H., Pilegaard, H., Nielsen, H. B., & Secher, N. H.(2010). Endurance training enhances BDNF release from the human brain. *American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *298*(2), R372-377.
- Scavo, L. M., Karas, M., Murray, M., & Leroith, D.(2004). Insulin-like growth factor- I stimulates both cell growth and lipogenesis during differentiation of human mesenchymal stem cells into adipocytes. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *89*(7), 3543-3553.
- Schuman, E. M.(1999). Neurotrophic regulation of synaptic transmission. *Current Opinion in Neurobiology*, *9*(1), 105-109.
- Sinha, R., Fisch, G., Teague, B., Tamborlane, W. V., Banyas, B., Allen, K., Savoye, M., Rieger, V., Taksali, S., Barbetta, G., Sherwin, R. S., & Caprio, S.(2002). Prevalence of impaired glucose tolerance among children and adolescents with marked obesity. *The New England Journal of Medicine*, *346*(11), 802-810.
- Slentz, C. A., Aiken, L. B., Houmard, J. A., Bales, C. W., Johnson, J. L., Tanner, C. J., Duscha, B. D., & Keaus, W. E.(2005). Inactivity, exercise, and visceral fat. STRRIDE: a randomized, controlled study of exercise intensity and amount. *Journal of Applied Physiology*, *99*(4), 1613-1618.
- Sundberg, S.(1987). Noninvasive, autonomic 24-h ambulatory blood pressure monitoring in normotensive subjects. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *56*(4), 381-383.

- Tseng, M. L., Ho, C. C., Chen, S. C., Huang, Y. C., Lai, C. H., & Liaw, Y. P.(2013). A simple method for increasing levels of high-density lipoprotein cholesterol: A pilot study of combination aerobic-and resistance-exercise training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise metabolism*, 23(3), 271-281.
- Tsompanidi, E. M., Brinkmeier, M. S., Fotiadou, E. H., Giakoumi, S. M., & Kypreos, K. E.(2010). HDL biogenesis and functions: role of HDL quality and quantity in atherosclerosis. *Atherosclerosis*, 208(1), 3-9.
- Whitaker, R. C., Wright, J. A., Pepe, M. S., Seidel, K. D., & Dietz, W. H.(1997). Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *The New England Journal of Medicine*, 337(13), 869-873.
- WHO(1967). *Exercise test in relation to cardio vascular function report of a W.H.O. Meeting* Genova, 5.
- WHO(2011). *Obesity and overweight*. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>.
- Zaccaria, M., Varnier, M., Piazza, P., Noventa, D., & Ermolao, A.(1999). Blunted growth hormone response to maximal exercise in middle-aged versus young subjects and no effect of endurance training. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 84(7), 2303-2307.