

아동청소년에서 운동의 항우울 효과와 BDNF와의 관련성에 대한 예비 연구

임유빈 · 김준원 · 홍순범 · 김재원

서울대학교 의과대학 정신과학교실 소아정신분과

Association between BDNF and Antidepressant Effects of Exercise in Youth: A Preliminary Study

You Bin Lim, B.A., Jun Won Kim, M.D., Ph.D.,
Soon-Beom Hong, M.D., Ph.D., and Jae-Won Kim, M.D., Ph.D.

Division of Child and Adolescent Psychiatry, Department of Psychiatry, Seoul National University College of Medicine,
Seoul, Korea

Objectives: The purpose of this study was to evaluate anti-depressive effects of exercise on child and adolescent and its association with brain derived neurotrophic factor (BDNF).

Methods: Twenty nine middle school boys (age 13.3 ± 0.7) were divided into two groups, 15 boys for control group and 14 in the experimental group. The control group participated in a regular exercise program, 3 times a week for 15 weeks. During the same period, the experimental group participated in an aerobic exercise program specifically designed to enhance anti-depressive effect of exercise. Serum BDNF level and its performance of each group on the Beck Depression Index (BDI), Children's Depression Inventory (CDI), Screen for Child Anxiety Related Emotional Disorders (SCARED), Aggression Questionnaire (AK-Q), and Stroop task were compared before and after the exercise program.

Results: Scores of BDI, CDI, SCARED, and AK-Q were significantly lower in both groups after the exercise programs compared to those before the programs. The Stroop task performances were significantly improved after the programs. However, there were no significant differences between two exercise programs, except SCARED separation anxiety, AK-Q physical, and verbal aggression scores. Also, no association was found between serum BDNF level and anti-depressive effects of exercise.

Conclusion: Our preliminary results suggest a possible effect of exercise on depression, anxiety, aggression, and cognition of child and adolescents.

KEY WORDS: Depression · Anxiety · BDNF · Exercise · Youth.

서 론

우울증은 아동청소년기 정서 및 사회성의 발달에 큰 영향

을 미치는 질환 중 하나로 해당 연령군에서 자살의 주요 정신과적 위험요인이자 사망원인이다. 그러나 아동청소년기 우울증의 치료에 가장 효과가 있다고 알려진, 약물치료와 인지행동치료를 병합한 경우에도 치료 관해율은 60%에 불과하다.¹⁾ 따라서 정신사회 치료기법의 적극적인 개발과 병합, 그리고 치료 기전 규명이 필요하다. 그중 최근 아동청소년기 유산소운동을 비롯한 신체활동의 항우울 효과에 대한 관심이 증가하고 있다.

성인을 대상으로 한 연구에서 운동은 성별과 연령에 관계 없이 우울증상을 유의하게 감소시키며 운동 시간이 길수록 그 효과가 크고 운동 방법이나 목적과는 상관이 없는 것으로 밝혀졌다.^{2,3)} 운동이 가지는 항불안 효과에 대해서는 논란의

Date received: December 3, 2015

Date of revision: March 7, 2016

Date accepted: March 10, 2016

Address for correspondence: Jae-Won Kim, M.D., Ph.D., Division of Child and Adolescent Psychiatry, Department of Psychiatry, Seoul National University College of Medicine, 101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 03080, Korea
Tel: +82.2-2072-3648, Fax: +82.2-747-2471
E-mail: kimjw412@snu.ac.kr

이 연구는 서울대학교 신입교수 연구정착금으로 지원되는 연구비에 의하여 수행되었음. 그리고 이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2015R1A2A2A01004501).

여지가 있다. 공황장애나 외상후스트레스장애 등 특정 불안 장애를 가지고 있는 환자에서 운동이 항불안 효과를 보인다는 연구결과가 있으며 정상인에서도 운동이 항불안 효과가 있다고 알려져 있다. 그러나 불안장애의 종류에 따라 그 효과가 다르며 운동 후 공황장애 증상이 더 심해지는 상반되는 연구결과들도 있어 향후 연구가 더 필요하다.³⁾

운동의 인지 능력 개선 효과와 관련해서는 개인의 최대 산소 섭취량(peak oxygen uptake)에 맞게 고안된 운동을 하였을 때 배외측전두엽(dorsolateral prefrontal cortex)이 활성화되고 더불어 인지 기능을 측정하는 검사 중 하나인 Stroop 점수가 향상된다는 보고가 있다.⁴⁾ 운동이 공격성을 개선하는 효과도 있는데 교도소 수감자를 대상으로 웨이트 트레이닝을 하였을 때 언어적 공격성, 적대감, 분노가 감소되는 결과를 보였다.⁵⁾

성인뿐 아니라 운동은 아동청소년기 우울증에서도 유의미한 항우울 효과를 보이고 있다고 Brown 등⁶⁾의 메타분석 연구에서 밝혀졌다. 총 9개의 연구와 581명을 대상으로 한 이 연구에서 운동의 효과 크기(effect size)는 0.26으로 작지만 유의하다고 입증되었다($p=.004$). 하나의 성별만을 대상으로 하였거나 비만 아동을 대상으로 한 연구, 연구 방법이 Delphi technique에 따른 질적 평가에서 높은 평가를 받은 연구, 체육활동과 함께 교육을 병행했던 연구, 그리고 운동 기간이 3개월 미만이었던 연구에서 운동의 효과가 더 크다고 밝혀졌다. 그러나 아직까지 운동의 항우울 효과를 입증하기에는 연구의 수가 부족하고 이전 연구들이 방법이나 대상에 있어 통일성을 가지지 못했다는 점에서 추후 연구가 필요하다. 또한 항우울 효과의 기전에 대해서는 명확하게 밝혀져 있지 않기에 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

항우울 효과의 기전에서 brain derived neurotrophic factor (BDNF)의 역할이 중요한 것으로 알려져 있다. BDNF는 항우울 효과를 측정하는 데 쓰일 수 있는 생체표지자 중 하나로 성인의 주요우울장애에서는 그 혈중 수준(level)이 감소해 있고, 해마와 전전두엽에서의 그 발현이 감소하는 것으로 알려져 있다.⁷⁾ 반면 운동은 해마의 BDNF 수준을 증가시키며 특히 만성적 스트레스가 유발하는 BDNF 수준의 감소 정도를 줄임으로써 항우울 효과를 나타낸다고 알려져 있어 본 연구에서 표지자로 이용하고자 한다.⁸⁾

분자생물학적으로 살펴보면, BDNF와 TrkB 수용체를 공유하는 N-acetylserotonin이 항우울 효과를 지니고,⁹⁾ BDNF의 전구물질인 proBDNF와 mBDNF는 해마 및 측좌핵과 복측피개영역을 포함하는 보상회로(ventral tegmental area nucleus accumbens reward circuit)에서 작용하며 장기 억압(long term depression)과 장기 증강(long term potentiation)

을 통해 항우울 효과를 나타낸다.¹⁰⁾ 우울증상이 나타날 때 해마는 기억 및 학습에 관여하여 관련 기능장애를 나타내게 되는데 mBDNF는 해마를 장기 증강시켜 우울증상을 완화시킨다.¹⁰⁾

BDNF는 불안 조절에도 역할을 하는 것으로 알려져 있다. BDNF를 관리하는 부분에 변이를 유도한 box 2/3 knock-out mice의 경우 BDNF 분비가 줄어들고 불안이 증가된 양상을 띄게 되었다. 이러한 불안증상은 항우울제로도 감소되지 않아 항우울제가 불안을 조절하는 데 BDNF가 중간자 역할을 하고 있을 수도 있다는 가설을 제시할 수 있다.¹⁰⁾

BDNF와 인지 기능의 연관성을 살펴보면 Val66Met polymorphism 보유자의 경우 야생형(wild-type)에 비하여 Wechsler Memory Scale에서 기억 회상의 지연을 나타냈으며 공간지각력과 인식 기능의 저하를 보여 BDNF 수준의 감소가 인지 기능 저하와 연관이 있음을 나타냈다.¹¹⁻¹³⁾

본 연구에서는 아동청소년에서 운동의 항우울 효과를 측정하고 이에 따른 BDNF의 변화 또한 관찰하고자 하였다. 운동 중에서도 유산소운동에 초점을 두어 이것이 일반적 체육 활동에 비해 어떠한 이점이 있는지도 관찰하고자 하였다. 이를 통하여 아동청소년기 우울증의 새로운 치료지침을 제시하기 위한 기반을 마련할 뿐 아니라 이와 관련한 생물학적 기전을 탐구함으로써 아동청소년기 우울증의 치료반응을 예측하는 생체표지자 개발 가능성을 탐색하고자 하였다.

이전 연구들의 결과를 기반으로, 아동청소년을 대상으로 한 유산소운동 프로그램 전과 후를 비교하였을 때, 운동 후에 연구 대상군의 우울증상, 불안증상, 공격성의 수준이 감소하고 인지 기능은 향상되며, 혈중 BDNF 수준이 유산소운동 프로그램 경과 중 변화할 것이라고 예측하였다.

방 법

1. 대 상

서울특별시 소재의 중학교 1개교의 2학년 학생들을 모집단으로 선정하고 모집단의 학생들 중 남학생 29명이 본 연구에 참여하였다. 정신과적 면담과 Kiddie-Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia-Present and Lifetime version을 사용하여 본인 혹은 1차 친족이 정신과적 질환력 및 치료력 등 연구의 배제기준에 해당되지 않음을 확인하였고,¹⁴⁾ 염증반응 경로(inflammatory pathway)에 영향을 미칠 수 있는 만성 내과질환이 있는 경우 대상에서 제외하였다. 연구에 참여하기로 한 부모 및 아동청소년에게는 서면으로 된 설명서를 통하여 연구에 대한 설명을 하고 각각 서면으로 된 동의서를 받은 후 연구를 진행하였다. 본 연구는 서울대학교

병원 의학연구윤리심의위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받았다.

2. 방 법

인구학적 정보로는 대상자의 연령과 한국판 아동용 웨슬러 지능검사(Korean Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised)를 이용한 지능지수가 포함되었다. 학생들은 무작위로 실험군과 대조군으로 배정되어 차별화된 학교 체육활동 프로그램에 참여하였다. 대조군 15명과 실험군 14명으로 나뉘어졌으며 실험군은 15주간 방과 후 주 3회, 매회 60분 동안 본 연구의 취지에 맞게 설계된 유산소운동, 저항운동, 신체조화운동, 혼합형운동을 포함한 농구경기 주제의 프로그램에 참여하였다. 실험군의 연구 프로그램은 2009년 개정 체육과 교육과정(교육과학기술부, 2011)과 선행 연구들이 제시하고 있는 창의성, 인성 개발과 학업/정서조절 능력 향상을 위한 신체활동 유형과 교수학습 체계를 참고하여 설계하였다(부록 1). 본 연구에서는 실험군의 운동 프로그램이 대조군의 프로그램에 비해 유산소운동을 강조하였다고 가정하였다.

대조군은 실험군과 같은 기간과 시간인 15주간 방과 후 주 3회, 매회 60분 동안 국가수준 체육과 교육과정에 따른 체육 수업과 스포츠클럽 활동에 참여하였다. 대조군에게 체육과 교육과정에 명시된 신체활동 영역 중 건강활동, 경쟁활동, 여가활동, 표현활동에 해당하는 다양한 신체활동을 경험할 수 있는 기회를 제공하며 실험군 연구 대상자들에게 적용하는 특정한 교육모형의 적용 없이 체육교사의 일반적인 체육수업과 스포츠클럽 활동에 참여하였다(부록 2). 1-4주 차에는 줄넘기, 달리기 등을 통하여 기본 건강을 증진하였고, 4-8주 차에는 배드민턴, 야구 등 팀 스포츠를 통하여 단체 경기에 필요한 기능과 전술을 익혔다. 8-12주 차에는 캠핑 등 다양한 여가활동을 경험할 수 있게 했으며, 12-16주 차에는 신체에 이용한 예술활동에 중점을 두었다.

각 집단의 연구 대상자들은 프로그램을 시행하기 전과 후에 혈중 BDNF 수준을 측정하고 백우울증 척도(Beck Depression Inventory, BDI), 소아 우울 척도(Children's Depression Inventory, CDI), 아동청소년 불안장애 선별 척도(Screen for Child Anxiety Related Emotional Disorders, SCARED), Stroop 검사, 그리고 Aggression Questionnaire(AK-Q) 공격성 검사를 시행하였고 프로그램 시행 후 같은 항목들을 다시 측정하였다.

3. 측정도구

1) 백우울증 척도(Beck Depression Inventory, BDI)

백우울증 척도(BDI)는 1961년에 Beck에 의해 개발된 자

기보고식 척도로서 우울증의 인지적, 정서적, 동기적, 생리적 증상을 포함하는 21문항으로 이루어져 있다. 0-3점의 Likert 식 척도로 21문항의 점수를 합산하여 사용하며 점수는 0-63점까지의 범위를 갖는다.¹⁵⁾

2) 소아 우울 척도(Children's Depression Inventory, CDI)

소아 우울 척도(CDI)는 Kovacs와 Beck이 아동기 우울증의 인지적, 정서적, 행동적 증상을 평가하기 위해 개발한 자기 보고형 척도로서 성인용 우울 척도인 BDI를 7-17세 연령 소아 청소년에 사용할 수 있도록 변형한 것이다. 각 문항마다 0-2점까지 평가할 수 있어서 총 점수는 0점에서 54점 사이에 분포하며 점수가 높을수록 우울 정도가 심한 것으로 평가된다.¹⁶⁾

3) 아동청소년 불안장애 선별 척도(Screen for Child Anxiety Related Emotional Disorders, SCARED)

Birmaher 등¹⁷⁾이 개발하여 아동 청소년의 불안장애 선별에 이용되고 있는 아동 청소년 불안장애 선별 척도(SCARED)는 총 41개 문항으로 이루어져 있으며 요인 분석(factor analysis) 결과 공황/신체화(panic/somatic), 범불안(generalized anxiety), 분리불안(separation anxiety), 사회 공포(social phobia), 그리고 학교 공포(school phobia)의 5개 요인이 측정되었다.¹⁸⁾

4) Aggression Questionnaire(AK-Q)

AK-Q 척도는 Buss와 Durkee¹⁹⁾의 Hostility Inventory (BDHI) 중 고영인이 능동적으로 공격성을 측정하는 하위 척도만을 발췌한 공격성 척도인 BDHI를 보완하고자 개발된 공격성 척도이다.²⁰⁾ 성인을 대상으로 타당화되었으며 분노나 공격성의 수준을 측정할 수 있다. 총 27문항으로 이루어져 있고 4개의 하위 척도로는 신체적 공격성, 언어적 공격성, 분노감, 적대감 등이 있다.²¹⁾

5) Stroop 검사

Stroop 검사는 피험자에게 단어의 색과 글자가 일치하지 않는 조건에서 자동화된 반응을 억제하고 피험자에게 글자의 색상을 이야기할 것을 요구한다. 이 검사의 결과 단순히 보여지는 상자의 색상을 맞추는 반응시간(색상), 단순히 색을 의미하는 단어를 읽는 반응시간(단어), 색을 의미하는 단어가 그와 상응하는 혹은 상응하지 않는 색상으로 쓰여진 자극들에 대한 반응시간(색상단어), 상응하지 않는 경우의 반응시간에서 상응하는 경우의 반응시간을 뺀 값(간섭)으로 이루어진다. 본 연구에서 사용한 검사에서는 점수가 높을수록 높은 인지 기능(전두엽 기능)을 의미한다.²²⁾

4. BDNF 측정

연구대상군에서 치료 전(T0, 0주), 치료 후(T15, 15주)에 각각 10cc 정도의 전혈을 오전 8-9시 사이에 lithium heparin vaccum tube에서 채취하였다. 체육활동 프로그램 수행과는 별도의 날짜에 연구 참여 의료기관(서울대학교 병원)을 방문하여 채혈하였다. BDNF는 DuoSet ELISA Development System(R&D Systems DY248, R&D Systems Inc., Minneapolis, MN, USA)을 사용하여 분석하였다. 그 방법은 기존의 연구 및 분석방법을 참고하였다.²³⁾

5. 통계분석

대조군과 실험군에서 운동 전후의 변화를 비교하기 위하여 BDNF와 임상지표들의 운동 전후 값으로 대응표본 t-test를 시행하였다. 그리고 BDNF와 임상지표들의 변화량을 운동 후 값(T15, 15주)에서 운동 전 값(T0, 0주)을 뺀 것으로 계산하여 대조군과 실험군의 변화량으로 독립표본 t-test를 시행하였다. 또한 BDNF 변화량과 임상지표 변화량 간의 상관관계를 이변량 상관계수를 통해 분석하였다. 통계적 유의성은 <.05로 정하였고 통계 프로그램으로는 Statistical Package for the Social Sciences(SPSS) 22.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

결 과

1. 연구 대상자의 사회인구학적 정보

본 연구에 참가한 학생의 평균 연령은 13.3±0.7세, IQ는 103.5±12.7이었다. 실험군의 평균 IQ는 106.6±13.7, 대조군은 100.5±11.3으로 두 군 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 연령을 비교하였을 때 실험군의 평균 연령은 13.1±0.4, 대조군은 13.4±0.9로 그 차이가 유의미하여($t=.99, p=.00$), 이후 분석에서 이를 보정하였다. 대조군 중 한명의 AK-Q 공격성 검사를, 실험군 중 한 명의 Stroop 검사가 시행되지 않아 이는 통계에서 제외되었다.

2. 연구 대상자의 심리학적 특성

본 연구에 참가한 학생들 전원이 운동 전 CDI 20점 이상과 SCARED 총점 25점 이상으로 유의한 우울증상과 불안 증상을 나타냈다.

3. 운동 프로그램의 효과

전체 연구 대상자의 운동 전후의 임상지표 수치를 비교한 결과, 운동 후의 CDI와 BDI 점수, SCARED(총점, 범불안,

Table 1. Change of mean scores between pre and post exercise program for both group combined

	Pre-exercise	Post-exercise	t	p
BDNF	19825.5 (5832.1)	20221.4 (5238.2)	-0.49	.63
BDI	26.8 (7.3)	23.7 (6.0)	2.48*	.02
CDI	33.7 (8.0)	30.8 (8.0)	2.32*	.03
SCARED				
Total	50.5 (6.5)	45.2 (5.0)	5.73†	.00
Panic/somatic	14.5 (1.6)	13.9 (1.5)	1.49	.15
Generalized anxiety	12.0 (2.9)	10.2 (2.0)	3.64*	.00
Separation anxiety	9.1 (1.1)	8.5 (0.9)	3.62*	.00
Social phobia	10.1 (2.6)	8.3 (2.3)	4.77†	.00
School phobia	4.7 (1.0)	4.2 (0.6)	2.24*	.03
Stroop				
Word	50.4 (10.5)	54.1 (11.3)	-2.96*	.01
Color	47.1 (12.8)	49.5 (14.9)	-0.99	.33
Color word	47.7 (9.8)	55.0 (11.6)	-3.83*	.00
Interference	49.2 (13.8)	54.3 (12.6)	-2.13*	.04
AK-Q				
Total score	52.3 (18.4)	42.2 (15.2)	3.80*	.00
Physical aggression	19.2 (7.8)	13.7 (4.5)	4.23†	.00
Hostility	13.0 (5.7)	11.4 (5.5)	1.55	.13
Anger	10.9 (4.1)	9.0 (3.2)	2.80*	.01
Verbal aggression	9.1 (4.0)	8.2 (4.1)	1.05	.30

*: p<.05, †: p<.001. AK-Q: Agression Questionnaire, BDI: Beck Depression Inventory, BDNF: brain derived neurotrophic factor, CDI: Children Depression Inventory, SCARED: Screen for Child Anxiety Related Emotional Disorders

분리불안, 사회불안, 학교회피) 점수, AK-Q(총점, 신체적 공격성, 분노) 점수가 운동 전에 비하여 유의미하게 감소했다($p \leq .03$)(Table 1). Stroop 검사 점수(단어, 색상단어, 간섭 점수) 또한 운동 후가 운동 전에 비하여 유의미하게 상승했다($p \leq .04$). BDNF는 전체 연구 대상자에서 운동 전후에 유의미한 차이를 보이지 않았다.

4. 대조군과 실험군 각각의 운동 프로그램 전후의 변화 비교

대조군에서는 운동 후의 BDI, SCARED(총점, 범불안, 사회불안, 학교회피) 점수, 그리고 AK-Q(총점, 신체적 공격, 분노) 점수가 운동 전에 비하여 유의미하게 감소했고($p \leq .05$), Stroop 검사는 운동 후의 색상단어 점수만이 운동 전에 비하여 유의미하게 상승했다($p = .01$)(Table 2).

실험군에서는 운동 후의 SCARED(총점, 분리불안, 사회불안) 점수, 그리고 AK-Q(총점, 언어적 공격성) 점수가 운동 전에 비하여 유의미하게 감소했다($p \leq .02$). Stroop 검사에서는 운동 후의 점수(단어, 색상단어)가 운동 전에 비하여 유의미하게 상승했다($p \leq .04$)(Table 2).

5. 운동 프로그램 구성에 따른 그룹별 효과 비교

두 군의 BDNF의 변화량을 독립표본 t-test로 비교 분석

해 본 결과 유의미한 차이가 나지 않는 것으로 나타났다. IQ와 연령을 공변량으로 설정한 공분산분석에서도 유의미한 차이가 없었다. 두 군 간 유의미한 차이를 보이는 임상지표는 SCARED 분리불안 점수의 변화량과($t = 3.56, p = .00$) AK-Q 신체적 공격성($t = -3.10, p = .01$), 그리고 AK-Q 언어적 공격성($t = 2.12, p = .04$)이었다. IQ와 연령을 공변량으로 설정한 공분산분석에서는 SCARED 분리불안 점수의 변화량과($F = 12.61, p = .00$) AK-Q 신체적 공격성의 변화량에 있어서만 유의미한 차이가 있었다($F = 7.74, p = .01$).

6. 임상지표들과 BDNF와의 상관관계

전체 연구 대상자의 운동 전후의 BDNF 변화량과 임상지표 변화량의 상관관계를 살펴보았을 때, SCARED 학교 회피 점수의 상관관계만이 유의미하게 나타났다($r = -.39, p = .04$).

대조군에서는 SCARED 학교 회피 점수에서 BDNF 변화량과 유의미한 상관관계를 보였다($r = -.61, p = .01$). BDNF 변화량과 BDI 변화량 간 상관관계의 경향성이 나타났으나 유의미하지는 않았다($r = -.51, p = .05$).

실험군에서는 BDNF 변화량과 AK-Q 언어적 공격성 점수 변화량 간의 상관관계가 있었다($r = -.67, p = .01$). 또한 BDNF 변화량과 Stroop 단어 점수 변화량 간 상관관계의 경향성이

Table 2. Changes of mean scores between pre and post exercise program according to control and experimental group

	Control group				Experimental group			
	Pre-exercise	Post-exercise	t	p	Pre-exercise	Post-exercise	t	p
BDNF	18727.9 (4649.3)	20497.6 (5198.0)	-1.54	.15	21001.4 (6863.1)	19925.5 (5460.6)	1.01	.33
BDI	27.5 (9.0)	23.7 (7.0)	2.26*	.04	26.1 (5.2)	23.6 (4.9)	1.24	.24
CDI	34.3 (10.3)	31.5 (10.1)	1.70	.11	33.0 (4.9)	29.9 (5.3)	1.54	.15
SCARED								
Total	50.2 (6.2)	44.4 (4.1)	4.39*	.00	50.8 (7.1)	46.1 (5.9)	3.60*	.00
Panic/somatic	14.5 (1.8)	13.9 (1.7)	1.25	.23	14.4 (1.6)	14.0 (1.3)	0.81	.44
Generalized anxiety	11.7 (2.7)	9.7 (1.0)	3.62*	.00	12.4 (3.0)	10.9 (2.7)	1.82	.09
Separation anxiety	9.0 (1.3)	8.9 (1.1)	0.62	.55	9.3 (1.0)	8.1 (0.3)	5.67†	.00
Social phobia	10.1 (2.1)	7.9 (1.6)	4.02*	.00	10.1 (3.1)	8.9 (2.8)	2.71*	.02
School phobia	4.9 (1.2)	4.1 (0.5)	2.22*	.04	4.6 (0.9)	4.3 (0.6)	0.89	.39
Stroop								
Word	49.1 (8.6)	51.7 (11.9)	-1.38	.19	52.0 (12.4)	56.8 (10.4)	-3.29*	.01
Color	43.3 (10.1)	47.1 (9.2)	-1.61	.13	51.5 (14.5)	52.2 (19.6)	-0.17	.87
Color word	44.1 (7.5)	51.7 (10.0)	-3.00*	.01	51.9 (10.7)	58.7 (12.5)	-2.32*	.04
Interference	50.3 (14.6)	57.8 (13.8)	-1.99	.07	47.9 (13.2)	50.3 (10.1)	-0.85	.41
AK-Q								
Total	55.6 (22.7)	44.3 (20.2)	2.69*	.02	48.8 (12.3)	40.1 (6.7)	2.70*	.02
Physical aggression	22.2 (9.5)	13.3 (6.1)	4.41*	.00	16.1 (3.8)	14.1 (1.9)	1.92	.08
Hostility	13.1 (6.6)	12.3 (7.0)	0.49	.63	13.0 (4.8)	10.4 (3.0)	1.75	.10
Anger	11.3 (5.1)	8.9 (4.0)	2.19*	.05	10.4 (2.7)	9.1 (2.2)	1.75	.10
Verbal aggression	9.0 (4.3)	9.8 (5.0)	-0.58	.57	9.3 (3.9)	6.4 (1.7)	2.83*	.01

*: $p < .05$, †: $p < .001$. AK-Q: Agression Questionnaire, BDI: Beck Depression Inventory, BDNF: brain derived neurotrophic factor, CDI: Children Depression Inventory, SCARED: Screen for Child Anxiety Related Emotional Disorders

나타났으나 유의미하지는 않았다($r=.55, p=.05$).

고 찰

본 연구에서는 먼저 아동청소년에서 운동 전후의 우울증상, 불안증상, 인지 기능, 그리고 공격성의 변화를 살펴보았다. 실험군과 대조군 모두 운동 전에 비하여 운동 후에 우울증상, 불안증상 및 공격성이 감소하였고 인지 기능이 향상되었다. 즉, 실험군과 대조군을 구분하지 않고 살펴보았을 때, 본 연구에서 운동 자체의 항우울 및 항불안 효과를 관찰했다고 할 수 있다.

이는 Brown 등⁶의 메타분석과도 상응하는 결과이다. 이 메타연구의 대상 연구 9개 중 5개가 주 3회 운동을 실시하였고 6개가 유산소운동을 실시하였다. 또한 요가의 효과를 측정했던 연구와 교육만을 진행한 또 다른 연구를 제외하고는 모두 30분 이상, 중-고강도의 운동을 다루어 운동의 특성이나 빈도의 면에서 본 연구와 유사하였다.⁶ Brown 등⁶의 메타분석에서 대상 연구들은 Profile of Mood States, Hospital Anxiety and Depression Scale 등 여러 임상지표로 우울증상을 측정하였는데 그중 본 연구처럼 BDI와 CDI를 지표로 쓴 연구는 3개가 있었다. 각각 운동 전 CDI 평균 10점, BDI 21점, 16점으로 본 연구의 운동 전 점수(BDI 26.8, CDI 33.7)보다 현저히 낮아 기저 우울증상의 정도가 본 연구와의 차이점이라 할 수 있겠다.²⁴⁻²⁶

본 연구와 유사한, 중학교 1-2학년 620명을 대상으로 한 연구에서는 축구, 농구, 넷볼 등 방과 후 체육활동이 우울증상을 개선하고 남학생에 한해서 불안증상을 감소시켰다. 이 연구에서 운동이 공격성은 증가시켰으나 이는 일반적 수준의 공격성 정도로 판단되었다.²⁷ 실제로 Yzeng의 Aggression Questionnaire를 사용한 한 연구에서는 레슬링 혹은 가라테 수업을 받은 남학생들의 공격성이 유의하게 저하되었다고 밝혔다.²⁸ 이와 함께 Biddle과 Asare²⁹의 연구에서 운동이 불안증상 및 인지 기능에 작은 효과 크기의 영향을 미친다고 밝힌 것은 본 연구의 결과를 지지한다.

대조군과 실험군으로 나누어 분석하였을 때도 각 집단에서 운동 전후로 불안증상과 공격성이 감소하고 인지 기능이 향상되었으나 실험군에서는 대조군과 달리 우울증상의 감소는 보이지 않았다. 대조군과 실험군에서 유의한 차이를 보이는 것은 분리불안, 신체적 공격성, 그리고 언어적 공격성이었다. 기존의 Broman-Fulks 등³⁰의 연구에서 고강도의 유산소운동이 저강도의 유산소운동에 비해 불안 민감도(anxiety sensitivity)를 떨어뜨린다고 보고한 것은 실험군에서 분리불안이 유의하게 감소한 본 연구의 결과를 뒷받침한다. 그리고 비록

본 연구에서는 성별에 따른 분석을 시행하지 못했지만 레슬링과 가라테와 같이 일반적인 체육 수업이 아닌 고강도의 운동이 남학생의 공격성을 떨어뜨렸다는 기존 연구결과와 같이 본 연구에서 설계된 유산소운동도 실험군의 공격성을 저하시킨 것으로 생각된다.²⁸

그러나 전반적으로는 이 두 변수 외에는 실험군과 대조군 사이의 차이가 없었고, 특히 세부항목이 아닌 SCARED 총점이나 AK-Q 총점에 있어서 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다. 이는 운동 방법에 따라 운동의 효과가 달라지지는 않는다는 연구결과와 일치한다.³⁶ Larun 등³¹의 연구에서도 조깅이나 걷는 등 고강도의 운동(high intensity exercise)이 요가와 같은 저강도의 운동(low intensity exercise)과 항우울 및 항불안 효과에 있어 차이를 보이지 않았다고 밝혔다.

BDNF 변화량과 상관관계를 보이는 임상지표는 전체 연구 대상자에서는 SCARED 학교 회피 변화량, 대조군에서는 SCARED 학교 회피 변화량, 실험군에서는 Stroop 단어와 AK-Q 언어적 공격성의 변화량뿐이었다. 기존의 동물모델 연구에서는 BDNF 분비가 줄어들면서 불안이 증가했다고 보고된 바 있다.¹⁰ BDNF와 공격성의 상관관계에 대한 본 연구의 결과는 BDNF 조절 인자에 변이를 일으키는 Val66Met 단일염기 다형성(single nucleotide polymorphism)을 가진 사람의 경우 공격성이 증가된다는 기존 연구의 결과와 일치한다.³²⁻³⁴ 또한 1회성 축구 경기가 BDNF 수치를 상승시킴과 동시에 Stroop 검사 결과도 향상시켰다고 보고한 한 연구는 본 연구에서 관찰한 BDNF와 인지 기능의 상관관계를 뒷받침한다.³⁵

그러나 이 결과들을 제외하고는 BDNF 변화량과 임상지표 변화량과의 상관관계는 없었고, 특히 불안증상과 인지 기능을 대표하는 SCARED total 점수나 Stroop 간섭 점수와의 상관관계가 없었다. 따라서 임상지표들과 BDNF와의 유의미한 상관관계는 찾을 수 없었다고 할 수 있겠다. 한 가지 주목할 점은 운동 전후 BDNF 수준의 변화는 관찰되지 않았다는 사실인데, BDNF와 그 외 임상지표들과의 상관관계가 나타나지 않은 것 또한 이로 인한 것이라고 분석할 수 있다.

이러한 본 연구의 결과는 운동 전후로 Stroop 검사와 BDNF 수치를 비교한 한 연구의 결과와 일치한다. 8주간의 태권도 운동 전후를 비교한 이 연구에서도 본 연구와 마찬가지로 운동 후 BDNF가 전에 비하여 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았으며 그 이유를 운동 기간과 빈도수의 부족으로 해석했고 10주 이상 일주일에 5회 이상의 운동이 BDNF의 상승을 이끌어낼 것이라고 주장했다.³⁶ Knaepen 등³⁷의 연구 또한 운동이 BDNF를 변화시키려면 주 5회 이상의 운동이 필요하다고 주장하였는데 본 연구는 15주간 주 3회의 프

로그래를 진행하였기 때문에 이 가설에 따르면 한 주 내 운동 빈도수가 적었던 것으로 판단된다. Szuhany 등³⁸⁾은 이와 관련하여 또 다른 가능한 이유를 제시하고 있는데 일회성 운동 혹은 3주에서 2년 사이의 운동 프로그램이 안정 시 측정 한 BDNF 수준을 변화시키지만 그 정도는 운동 직후에 측정 한 BDNF의 변화량보다 작다고 밝혔다. 즉 BDNF의 측정 시 기 또한 변수가 될 수 있음을 시사한다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 앞서 말하였듯이 운동 프로그램의 빈도가 적다.³⁷⁾ 둘째, 연구 대상자의 수가 부족하다. 이 연구는 예비 연구로 29명만을 대상으로 하였다. 이것이 BDNF 상승이 없었던 원인일 수 있음을 유의하여 추후 연구 대상의 수를 조정해야 할 것이다. 셋째, 우울증상, 불안 증상, 공격성을 측정하기 위한 척도들이 모두 자가 척도들이다. 운동 전후로 이 증상들을 나타내는 지표들이 변화하기는 하였지만, 이 임상지표들은 Stroop 검사를 제외하고는 자가 척도로 관찰자의 평가(observer ratings)와 차이가 있다는 점을 추가적으로 고려해야겠다. 넷째, 학생들의 유전적 특성 및 우울증상 수준을 고려하지 않았다. Val66Met polymorphism은 BDNF 분비뿐 아니라 우울증상, 불안증상, 인지 기능, 공격성 등 본 연구에서 탐구하고자 한 모든 지표에 영향을 미칠 수 있는 유전 정보이나, 본 연구는 연구 대상들의 BDNF 유전형에 대해서 조사하지 못하여 개개인의 특성에 따라 분석하는 데 한계가 있었다.

비록 Larun 등³¹⁾은 운동이 우울증상에 미치는 영향이 치료를 목적으로 한 연구와 건강인을 대상으로 한 연구에서 큰 차이가 없었다고 밝혔으나, Larun 등³¹⁾은 운동의 우울증상에 대한 효과를 입증하지 못하였기에 본 연구와 비교하기는 적절하지 않을 수 있다. 이와 반대로 Szuhany 등³⁸⁾의 주요우울장애와 공황장애 환자를 대상으로 한 연구가 건강한 사람을 대상으로 한 연구보다 BDNF에 미치는 운동 효과 크기가 2배 이상이라고 주장하였기 때문에 개개인의 증상의 정도 또한 BDNF 수준 변화에 영향을 미쳤을 수 있음을 고려해야겠다.

따라서 추후 이루어질 연구에서는 더 많은 연구 대상으로 빈도수가 많은 운동 프로그램을 시행하고 각종 임상 증상을 평가하는 데 제3자의 평가도 반영하는 등 좀 더 다각도의 객관적인 변화를 관찰할 필요가 있겠다. 또한 언어적 공격성, 적대감 혹은 분리불안과 범불안과 같은 공격성 및 불안증상의 세부항목에 대한 자세한 연구도 필요하겠다.

결 론

본 연구는 운동이 소아청소년기 우울증에서 나타날 수 있는 여러 증상들에 어떠한 영향을 미치는지를 밝혔다. 운동의

항우울 효과, 항불안 효과, 인지 기능 향상 효과, 공격성 감소 효과 등을 다시 한 번 증명한 것이다. BDNF와의 상관성 또한 분석함으로써 향후 BDNF가 소아청소년기 우울증에 대한 연구와 운동 치료에서 어떻게 쓰일 수 있는지에 대한 예시를 제시하였다는 데 그 의의가 있다.

중심단어: 우울 · 불안 · BDNF · 운동 · 아동청소년.

Conflicts of Interest

The authors have no financial conflicts of interest.

References

- 1) Birmaher B, Brent D; AACAP Work Group on Quality Issues, Bernet W, Bukstein O, Walter H, et al. Practice parameter for the assessment and treatment of children and adolescents with depressive disorders. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2007;46:1503-1526.
- 2) North TC, McCullagh P, Tran ZV. Effect of exercise on depression. *Exerc Sport Sci Rev* 1990;18:379-415.
- 3) Ströhle A. Physical activity, exercise, depression and anxiety disorders. *J Neural Transm (Vienna)* 2009;116:777-784.
- 4) Yanagisawa H, Dan I, Tsuzuki D, Kato M, Okamoto M, Kyutoku Y, et al. Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. *Neuroimage* 2010;50:1702-1710.
- 5) Wagner M, McBride RE, Crouse SF. The effects of weight-training exercise on aggression variables in adult male inmates. *Prison J* 1999;79:72-89.
- 6) Brown HE, Pearson N, Braithwaite RE, Brown WJ, Biddle SJ. Physical activity interventions and depression in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2013;43:195-206.
- 7) Bocchio-Chiavetto L, Bagnardi V, Zanardini R, Molteni R, Nielsen MG, Placentino A, et al. Serum and plasma BDNF levels in major depression: a replication study and meta-analyses. *World J Biol Psychiatry* 2010;11:763-773.
- 8) Zheng H, Liu Y, Li W, Yang B, Chen D, Wang X, et al. Beneficial effects of exercise and its molecular mechanisms on depression in rats. *Behav Brain Res* 2006;168:47-55.
- 9) Oxenkrug G. Serotonin-kynurenine hypothesis of depression: historical overview and recent developments. *Curr Drug Targets* 2013; 14:514-521.
- 10) Martinowich K, Manji H, Lu B. New insights into BDNF function in depression and anxiety. *Nat Neurosci* 2007;10:1089-1093.
- 11) Egan MF, Kojima M, Callicott JH, Goldberg TE, Kolachana BS, Bertolino A, et al. The BDNF val66met polymorphism affects activity-dependent secretion of BDNF and human memory and hippocampal function. *Cell* 2003;112:257-269.
- 12) Hariri AR, Goldberg TE, Mattay VS, Kolachana BS, Callicott JH, Egan MF, et al. Brain-derived neurotrophic factor val66met polymorphism affects human memory-related hippocampal activity and predicts memory performance. *J Neurosci* 2003;23:6690-6694.
- 13) Pozzo-Miller LD, Gottschalk W, Zhang L, McDermott K, Du J, Gopalakrishnan R, et al. Impairments in high-frequency transmission, synaptic vesicle docking, and synaptic protein distribution in the hippocampus of BDNF knockout mice. *J Neurosci* 1999;19:4972-4983.
- 14) Kaufman J, Birmaher B, Brent D, Rao U, Flynn C, Moreci P, et al. Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia for School-Age Children-Present and Lifetime version (K-SADS-PL): initial reliability and validity data. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1997;36:980-988.

- 15) **Hahn HM, Yum TH, Shin YW, Kim KH, Yoon DJ, Chung KJ.** A standardization study of Beck Depression Inventory in Korea. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 1986;25:487-500.
- 16) **Cho S, Lee Y.** Development of the Korean form of the Kovacs' Children's Depression Inventory. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 1990;29:943-956.
- 17) **Birmaher B, Brent DA, Chiappetta L, Bridge J, Monga S, Baugher M.** Psychometric properties of the Screen for Child Anxiety Related Emotional Disorders (SCARED): a replication study. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1999;38:1230-1236.
- 18) **Kim MJ.** A validation study of the SCARED: for the elementary school upper grades and middle school students. Seoul: The Graduate School of Sookmyung Women's Univ.;2010.
- 19) **Buss AH, Durkee A.** An inventory for assessing different kinds of hostility. *J Consult Psychol* 1957;21:343-349.
- 20) **Buss AH, Perry M.** The aggression questionnaire. *J Pers Soc Psychol* 1992;63:452-459.
- 21) **Kwon SM, Seo SG.** Brief report: validation study of the Korean version of the aggression. *Korean J Clin Psychol* 2002;186:487-501.
- 22) **Shin M, Park M.** A standardization study for Korean version of the Stroop color-word test children's version. Seoul: The Korean Psychological Association;2006.
- 23) **Kim YK, Lee HP, Won SD, Park EY, Lee HY, Lee BH, et al.** Low plasma BDNF is associated with suicidal behavior in major depression. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2007;31:78-85.
- 24) **Daley AJ, Copeland RJ, Wright NP, Roalfe A, Wales JK.** Exercise therapy as a treatment for psychopathologic conditions in obese and morbidly obese adolescents: a randomized, controlled trial. *Pediatrics* 2006;118:2126-2134.
- 25) **Hilyer JC, Wilson DG, Dillon C, Caro L, Jenkins C, Spencer WA, et al.** Physical fitness training and counseling as treatment for youthful offenders. *J Couns Psychol* 1982;29:292-303.
- 26) **MacMahon JR, Gross RT.** Physical and psychological effects of aerobic exercise in delinquent adolescent males. *Am J Dis Child* 1988;142:1361-1366.
- 27) **Lee SH, Won JY, Kwon JD.** The effect of after-school sports participation on youth's psychological variable(depression, aggression, anxiety). *Youth Cult publ Forum* 2012;31:85-118.
- 28) **Heidary A, Emami A, Eskandaripour S, Hassani HA, Hasanlu H, Shahbazi M.** Effect of exercise on the level of violence (aggression) in the selected male students of wrestling and karate in Zanjan-Iran. *Procedia-Soc Behav Sci* 2011;30:2416-2417.
- 29) **Biddle SJ, Asare M.** Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *Br J Sports Med* 2011;45:886-895.
- 30) **Broman-Fulks JJ, Berman ME, Rabian BA, Webster MJ.** Effects of aerobic exercise on anxiety sensitivity. *Behav Res Ther* 2004;42:125-136.
- 31) **Larun L, Nordheim LV, Ekeland E, Hagen KB, Heian F.** Exercise in prevention and treatment of anxiety and depression among children and young people. *Cochrane Database Syst Rev* 2006;19:CD004691.
- 32) **Lee J, Laurin N, Crosbie J, Ickowicz A, Pathare T, Malone M, et al.** Association study of the brain-derived neurotrophic factor (BDNF) gene in attention deficit hyperactivity disorder. *Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet* 2007;144B:976-981.
- 33) **Oades RD, Lasky-Su J, Christiansen H, Faraone SV, Sonuga-Barke EJ, Banaschewski T, et al.** The influence of serotonin- and other genes on impulsive behavioral aggression and cognitive impulsivity in children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): findings from a family-based association test (FBAT) analysis. *Behav Brain Funct* 2008;4:48.
- 34) **Spalletta G, Morris DW, Angelucci F, Rubino IA, Spoletini I, Briani P, et al.** BDNF Val66Met polymorphism is associated with aggressive behavior in schizophrenia. *Eur Psychiatry* 2010;25:311-313.
- 35) **Yang JS, Yoo SH, Cho SY, Roh HT.** Effects of acute soccer game on serum levels of neurotrophins and neurocognitive functions in male adolescents. *J Life Sci* 2012;22:1444-1450.
- 36) **Kim Y.** The effect of regular Taekwondo exercise on brain-derived neurotrophic factor and Stroop test in undergraduate student. *J Exerc Nutrition Biochem* 2015;19:73-79.
- 37) **Knaepen K, Goekint M, Heyman EM, Meeusen R.** Neuroplasticity - exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor: a systematic review of experimental studies in human subjects. *Sports Med* 2010;40:765-801.
- 38) **Szuhany KL, Bugatti M, Otto MW.** A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. *J Psychiatr Res* 2015;60:56-64.

■ 부 록 1 ■

실험군 학교 체육활동 프로그램의 교수 요목

주 차	주요 활동 내용
1	농구의 대한 이해도 파악
2	기본 드리블 훈련 및 기초체력 - 드리블 자세 교정 - 기초체력 향상을 위한 인터벌 트레이닝
3	기본 패스 훈련 및 기초체력 - 패스 종류 익히기(체스트 패스, 바운드 패스, 베이스볼 패스) - 기초체력 향상을 위한 인터벌 트레이닝
4	기본 슛 훈련 및 기초체력 - 슛 자세 교정(레이업 슛, 골밑 슛, 점프 슛) - 기초체력 향상을 위한 인터벌 트레이닝
5	박스 아웃 및 리바운드 훈련 - 몸을 이용한 박스 아웃 훈련 - 박스 아웃을 활용한 리바운드 훈련
6	레이업 슛 자세 교정 및 기초체력 - 레이업 슛 양손 숙달 반복 - 근력 향상을 위한 웨이트 트레이닝
7	개인 기술 향상 훈련 - 방향전환 드리블 및 볼 핸들링 숙달 반복 - 근력 향상을 위한 웨이트 트레이닝
8	개인 기술 향상 훈련 - 드리블에 이은 슛 능력 향상 - 근력 향상을 위한 웨이트 트레이닝
9	개인 기술 향상 훈련 - 패스 능력 향상(삼각 패스, 2:2 패스) - 근력 향상을 위한 웨이트 트레이닝
10	기초 수비 훈련 - 맨투맨 수비에 대한 이해 및 숙달 - 기본 수비 자세 훈련
11	전략 수비 훈련 - 2-3 지역방어 수비에 대한 이해 및 숙달 - 사이드 스텝을 활용한 수비 훈련
12	전략 수비 훈련 - 3-2 드롭 존 수비에 대한 이해 및 숙달 - 사이드 스텝을 활용한 수비 훈련
13	전략 수비 훈련 - full-court/half-court 압박수비 훈련 - 1:1을 통한 수비 훈련
14	기초 공격 훈련 - 기본 속공 훈련(2:2/3:3 속공) - 리바운드 후 속공 전개 훈련
15	전략 공격 훈련 - 스크린을 활용한 공격 - 2:2 픽 앤 롤/픽 앤 팝 공격

■ 부 록 2 ■

대조군 학교 체육활동 프로그램의 교수 요목

주 차	주요 활동 내용
1-4	건강활동: 건강의 이해 및 증진, 체력의 진단과 평가, 운동처방과 체증진, 보건과 생활안전 교육을 통해 건강에 대한 기본 지식 습득(줄넘기, 요가, 달리기)
4-8	경쟁활동: 영역형, 필드형, 네트형 경쟁활동을 통해 팀 간의 경쟁에 필요한 경기 기능과 다양한 전술을 익힘(배드민턴, 야구, 탁구, 배구, 축구, 족구 등)
8-12	여가활동: 다양한 여가활동을 통해 청소년기 올바른 여가 시간의 활용 및 여가의 중요성을 강조(캠핑 즐기기, 전통 여가활동, 지구촌 여가활동의 체험, 스키, 플라잉 디스크)
12-16	표현활동: 신체를 이용한 다양한 표현 기술을 바탕으로 예술적인 부분을 가미시켜 서로의 기능을 경쟁하고 익힘(심미적, 현대적, 창의적, 전통적 표현활동, 음악 줄넘기)