

Effects of Group Jump Rope on Working Memory and Attention in Elementary School Students

Sang-Bin Yun¹⁾, Eun-Seok Ho²⁾, Kyeong-Lae Kim^{*2)}

¹⁾Jinnam Elementary School · ²⁾ Korea National University of Education

단체줄넘기 운동이 초등학생의 작업기억력과 주의집중력에 미치는 영향

윤상빈¹⁾ · 호은석²⁾ · 김경래^{*2)}

¹⁾통영진남초등학교 · ²⁾한국교원대학교

<ABSTRACT>

The purpose of this study is to investigate the effect of group jump rope program for 12 weeks on working memory and attention in elementary school students. In order to achieve the purpose of this study, we conducted a task memory test for fifth grade students at J elementary school in T city. The participants were 24 students which they were divided into 2 groups randomly(EG: 12, CG: 12). The exercise program was performed for 40 minutes, 3 times a week for 12 weeks. The t-test was used to analyze the differences within and between two groups. After the experiment for 12 weeks, there were a significant differences statistically in number of memorization, sequential connection, arithmetic(working memory) in exercise group and sequential connection in control group. There was a significant difference between two groups in sequential connection. After the experiment for 12 weeks, there were a significant differences statistically in P and C, but no differences in the control group. There was a statistically significant difference in Q and C between two groups. In conclusion, the 12-week group jump rope program was an effective program to help improving working memory and attention in fifth grade elementary school girls. It can be used as an important data for development of exercise program.

Keywords : Group jump rope, working memory, attention, elementary school students

I. Introduction

기억이란 자극에 대한 반응으로 자극이 없어지고 나서 그 정보를 다시 상기할 수 있는 정신 기능을

말한다. 다시 말해 과거 경험을 뇌의 특정 부위에 저장해 놓았다가 필요할 때 그 저장내용을 끄집어 내어 현재의 경험에 영향을 주는 인지과정이다(신종호, 2007). 이러한 기억을 구성하는 요소 중 하나가

* Corresponding Author : Kyeong Lae Kim, silzzang@knue.ac.kr

Received August 27, 2019; Reviewed September 5, 2019 Corrected September 9, 2019; Accepted September 16, 2019

© 2019. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

작업기억(working memory)이다. 작업기억은 단기 기억이라고도 불리며, 주의집중을 제외한 모든 활동은 인간의 작업기억 장치에서 이루어진다. 따라서, 대부분의 학습은 작업기억에서 이루어진다고 해도 과언이 아니다(이현정, 2015).

그러나 최근 청소년들의 스마트폰 및 디지털기기의 사용이 늘어나면서 일상 생활에서의 기억력이 크게 떨어지는 현상이 나타나고 있다. 한국정보화진흥원에 따르면, 2017년 청소년(10~19세) 5,144명을 대상으로 설문조사한 결과 3.6%가 과의존 위험군, 26.7%가 잠재적 위험군으로 나타났다(과학기술정보통신부, 2017). 스마트폰을 이용하는 도중에 들은 이야기의 내용이나 여러 가지 상황들에 집중하지 못하고 잊게 되며, 이는 단기간의 기억력, 더 나아가 일상생활의 기억력의 감퇴로 나타나게 된다.

작업기억(working memory)은 일시적으로 보유하고 있는 정보에 대해 정신적인 조작을 수행하는 능력을 의미하고(Baddeley, 2003), 학습능력이 작업기억의 용량과 관련이 깊다고 알려져 있다(Gathercole & Alloway, 2006). 특히, 작업기억은 주의집중과 함께 장기기억을 비롯한 전반적인 인지기능의 향상에 영향을 미치게 된다(김홍근, 2001). 또한, 작업기억은 뇌 신경영양인자와 밀접하게 연관되어 있으며, 뇌 신경영양인자는 신경전달물질로서 세포증식과 같은 뇌기능 활성화와 뇌신경 가소성을 유도하는 자극인자로 보고되고 있다. 뇌 신경가소성에 영향을 주는 요인으로 뇌 신경영양인자(BDNF; brain-derived neurotrophic factor), 신경성장인자(NGF; nerve growth factor), 신경영양인자-3(NT-3; neurotrophin-3), 신경영양인자-4/5(NT-4/5; neurotrophin-4/5) 등(Phillips et al., 1990)이 관심을 받고있는 가운데 이외의 관련인자로 세로토닌, IGF-1(insulin-like growth factor-1), 성장호르몬, 성호르몬 등이 신경전달물질로서 세포증식과 같은 뇌기능 활성화와 뇌신경 가소성을 유도하는 자극인자로 보고되고 있다(편미영 등, 2010).

학령기의 시기에 아동들의 학습에 영향을 미치는 요소는 특정 사물이나 대상에 주의를 집중하는 기본 인지 능력이다. 아동의 학습능력은 태도와 주의집중과도 서로 상관관계가 있으며, 주의집중의 부족과 제한은 일차적인 학습능력 저하의 원인이 된다(최준옥, 2000; Grossman, 1973). 초등학교 아동들에게 가

장 혼하고 심각한 행동장애 중 한 가지는 주의집중력 부족이다(최준옥, 2000). 주의집중력은 일생의 초기에 시작하는데, 학습하고 집중하고, 생각하고 다른 사람과 교류하고, 그리고 기초적 학문기술을 익히기 위한 능력에서 중요한 역할을 한다(Shaffer et al, 2001). 하지만 주의집중력이 떨어지는 학생은 꾸준히 교육현장에서 발생하고 있다. 학령기의 아동은 발달의 특징상 정서조절능력의 부합, 학교의 스트레스 상황과 규칙에 따른 어려움 등 행동 및 정서 지능 능력뿐만 아니라, 학교 생활의 적응에 중요한 학습 능력에서도 어려움을 겪고 있다(조혜영, 2007).

주의집중에 관한 선행연구들을 살펴보면 미술치료가 아동의 주의집중력과 정서적 문제해결 능력을 향상시키고, 과잉행동 충동성을 감소시키는데 치료 요소로 작용할 수 있다는 점을 시사하고 있으나(한지혜, 전순영, 2013), 신체 활동과 주의집중력과 관련된 연구 결과는 미비하였다. 이에 주의집중력과 신체 활동과 관련한 연구를 진행하여 운동과 주의집중력의 상관 관계에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

신체활동을 통하여 초등학교생들의 작업기억력과 주의집중력을 향상시키고자 할 때, 초등학교생들이 가장 손쉽게 접하고, 익힐 수 있는 신체 활동 중 하나가 줄넘기 운동이다. 줄넘기 운동은 특수한 시설과 장비 없이 좁은 공간을 이용하여 할 수 있는 효율적인 운동이며, 기술의 특수성 없이 누구나 점프와 타이밍 감각으로 쉽게 할 수 있는 운동이다. 특히, 체육시설이 열악한 학교에서 학생들의 동기를 유발하고 짧은 체육시간을 이용해 학생들에게 효율적인 수업을 하는데 적합하다 볼 수 있다(허정, 2006). 줄넘기 운동 중 단체줄넘기는 여럿이 함께할 수 있는 장점이 있으며, 여럿이 함께 어울려 운동함으로써 공동체 의식 속에서 일체감과 협동심을 기를 수 있다(오영미, 2006).

최근 뇌 과학 분야에서는 신체 활동의 가치를 뇌 과학적 관점에서 재조명할 수 있는 연구 결과들이 보고되고 있다(최홍섭, 2015; Ratey, Hagermen, 2010). 즉, 신체 활동은 뇌가 새로운 정보를 받아들일 태세를 갖추게 하고, 기억을 위한 학습을 촉진해 주며, 정신적인 환경을 최적화해서 각성도와 집중력을 높여주고, 의욕을 고취시켜 준다고 한다. 또한 이렇게 신체 활동 능력이 향상된 학생들은 학교 생활 및 주의력, 기억력 등의 향상이 높다고 한다(최홍섭, 2015; 김정

혁, 2013; 송지환, 2012). 단체줄넘기라는 신체 활동을 통하여 두뇌 활동을 활발하게 하여 작업기억력 및 주의집중력 향상을 기대할 수 있을 것이다.

체력 향상, 비만 관리, 신체적 자기 개념 향상 등에 있어서 줄넘기 운동의 효과는 국내·외 여러 사례들을 통해 입증되었다. 하지만 단체줄넘기 운동에 관해서는 사회성 함양과 관련하여 소수의 사례가 있을 뿐 단체줄넘기와 관련한 연구 사례는 미비하다. 특히, 단체줄넘기와 작업기억력 및 주의집중력 향상과 관련된 연구는 아직 이루어지지 않고 있다. 이에 이 연구에서는 12주간의 단체줄넘기 운동이 초등학교 5학년 여학생의 작업기억력 및 주의집중력에 미치는 영향을 규명하고자 한다. 이 연구에서 얻은 결과는 작업기억력 발달과 주의집중력 향상을 위한 단체줄넘기 프로그램을 개발하는데 있어서 중요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

II. Materials and Methods

1. Participants

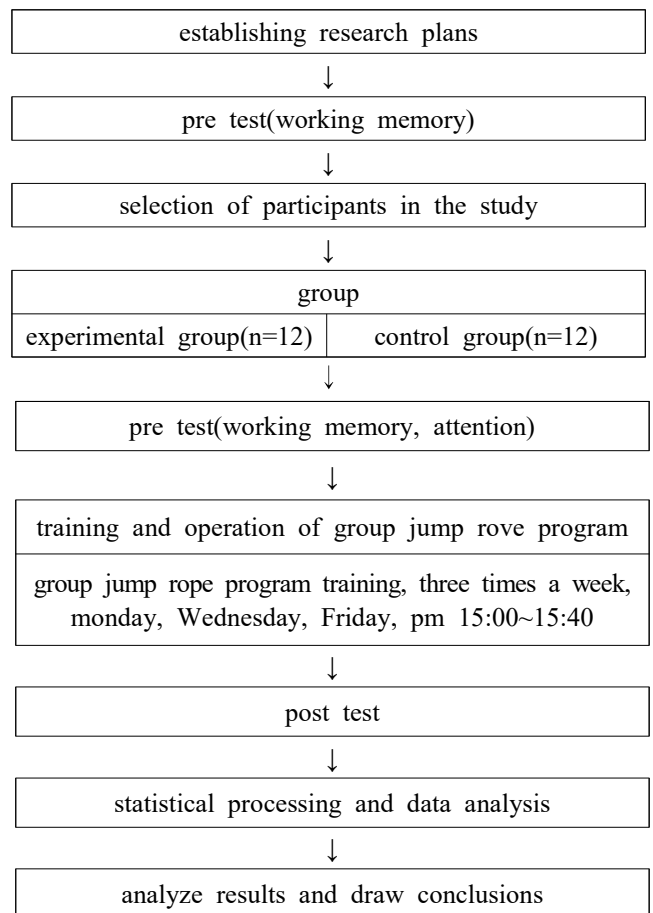
연구 참여자는 경상남도 T시 소재 J초등학교 5학년 학생들 중 과거 6개월간 규칙적으로 신체 활동을 실시하지 않고, 본 실험에 자발적으로 참여하기 희망하는 여학생을 선별하였다. 이 학생들을 대상으로 작업기억력과 주의집중력 검사지를 실시하고 독립 t검정으로 동질성 검증을 실시한 후 실험을 진행하였다. 학부모 동의서를 보내 학부모의 동의를 얻었고, 동질성이 검증된 단체줄넘기 운동프로그램에 참여하는 실험집단 12명과 단체줄넘기 운동프로그램에 참여하지 않는 통제집단 12명을 대상으로 하였다. 연구 참여자의 특성은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> General characteristics of participants in the study

Content Group	Sex	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)
Experimental Group (n=12)	Female	12±0.22	145.52±5.49	43.77±10.46
Control group (n=12)	Female	12±0.31	147.16±6.11	45.81±12.51

2. Procedure

본 연구에서는 단체줄넘기 운동이 초등학교 5학년 여학생의 작업기억력 및 주의집중력에 미치는 영향을 규명하기 위하여 운동집단과 비교집단을 대상으로 사전·사후 검사를 실시하였다. 이를 도식화하여 제시하면 [Figure 1]과 같다.



[Figure 1] Procedure

3. Measurement Items and Methods

1) Measurement Items

본 연구를 위한 측정 항목은 <Table 2>와 같다. 작업기억력은 숫자외우기, 순차연결, 산수 3가지 항목, 주의집중력은 P(선택적 주의력), Q(자기통제력/분산주의력), C(지속적 주의력) 3가지 항목을 각각 측정하였다.

<Table 2> Measurement items

Measurement Items	
Working Memory	·Number of Memorization ·Sequential Connection ·Arithmetic
Attention	·P(selective attention), ·Q(self control/distributed attention), ·C(continuous attention)

2) Measuring Tools

본 연구를 위한 측정 도구는 <Table 3>과 같다. 작업기억력은 한국 웨슬러 아동 지능검사지 4판, 주의집중력은 FAIR 주의력검사지를 사용하였다.

<Table 3> Measuring tools

Measurem ent Item	Measuring Tools	Detailed Items
Working Memory	K-WISC-IV	· Number of Memorization · Sequential Connection · Arithmetic
Attention	FAIR Attention Paper	· Selective Attention · Self Control/Distributed Attention · Continuous Attention

3) Measurement Methods

(1) Working Memory

검사 전 대상자로 하여금 예시 문항으로 최대한 연습해보도록 한 후에 검사를 실시하였다. 5학년 여학생을 대상으로 수요일 방과 후에 줄넘기 지도 교사 및 담임 교사의 지도하에 숫자, 순차연결, 산수, 3가지 검사를 실시하고 해당 실시 교사가 기록용지에 해당 학생의 작업기억력에 관한 내용을 체크하고 정리하도록 하였다. 숫자는 주어진 숫자를 따라하는 바로 따라하기, 반대로 따라하는 거꾸로 따라하기 방법이 있고, 순차연결은 숫자와 문자가 함께 제시되어 숫자와 문자를 함께 순서대로 나열하는 검사이고, 산수는 주어진 산수 문항을 30초 내에 암기로 해결하는 방식이다. 이 검사는 정신적 조작, 집중력, 주의력, 단기 기억 및 장기 기억, 수와 관련된 추론 능력, 정신적 기민함과 연관된다. 총 34문항

중 12개 수준에 맞는 21문항을 묻고 답하였다. 모르는 단어나 질문이 있는 경우 조용히 손을 들고 질문하도록 하였다.

(2) Attention

대상자로 하여금 검사 전 설명서에 제시되어 있는 내용을 최대한 연습해보도록 하여 오류를 줄이도록 하였다. 제시되는 검사지 한 장의 종이에 4가지 유형의 도형이 가로 20개, 세로 20개로 배열되어 있으며, 총 16문항으로 구성되어 있다. 검사지는 1, 2 총 2종류로 제시되어 있으며 ‘세 점을 가진 동그라미’와 ‘두 점을 가진 네모’ 2가지의 도형을 찾아서 표시하도록 되어 있다. 검사지 왼쪽 끝부터 선긋기를 시작하여 오른쪽으로 계속 원 모양 아래에 밑줄을 그어가는데 세 점을 가진 동그라미나 두 점을 가진 네모를 발견하면 원 모양 안으로 뾰족한 톱니 모양의 선을 만들어 긋는 방식이다. 검사지 1과 2 각각 제한 시간 3분이며, 검사지 1이 끝나고 1분 휴식 후에 검사지 2를 진행하였다. 옆 사람과 이야기하거나 소란스럽게 하지 않도록 하고, 모르는 단어나 질문이 있는 경우 조용히 손을 들고 질문하도록 하였다.

4. Exercise Program

본 연구에서 실시하는 단체줄넘기 운동프로그램은 ‘8자 마라톤, 긴줄 뛰어들어 함께 뛰기’ 총 2종류의 종목으로 구성하였으며, 운동 빈도 및 시간, 운동 강도, 운동프로그램 구성은 다음과 같다.

1) Frequency and Time of Exercise

단체줄넘기 운동프로그램을 효과적으로 달성하기 위하여 주 3회, 방과후 40분, 12주간 진행하였다.

2) Exercise Intensity

본 연구에서는 운동 강도를 1~4주 중-저·중강도(HRR 50~65%), 5~12주 중-고·고강도(HRR 65~80%) 2단계로 나누어 설정하였으며, 운동강도에 따른 목표 심박수는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> The target heart rate of students according to the strength of exercise

Exercise Intensity	Carvonon Formula	Target Heart Rate
medium-low·medium intensity (HRR50~65%)	$(208-80) \times 0.5 + 80 \sim (208-80) \times 0.65 + 80$	144~163 t/m
medium-high·high intensity (HRR65~80%)	$(208-80) \times 0.65 + 80 \sim (208-80) \times 0.8 + 80$	163~182 t/m

3) Exercise Program

운동프로그램은 준비운동, 본 운동, 정리운동 3단계로 나누어 진행하였으며, 세부 운동 프로그램은 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Exercise program

Period	Time (minutes)	Movement	Intensity
week 3 time, 40 minutes, 12 weeks in total	5	warm-up	1~4 week medium-low·medium intensity (HRR 50~65%),
	14	8 type jump rope	
	1	rest	
	30	long rope and jump together	5~12 week medium-high·high intensity (HRR 65~80%)
	14		
	1	rest	
	5	cool-down	

5. Data Analysis

실험을 통하여 얻어진 자료는 SPSS Ver. 12.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 연구 참여자의 일반적 특성은 기술통계분석을 사용하였다. 두 집단의 사전 및 사후검사 측정 결과는 평균 및 표준편차로 제시하였으며, 집단 내 실험 처치 전과 후의 차이 검증은 대응표본 t-test, 실험 처치 후의 집단 간 차이 검증은 독립표본 t-test을 이용하였다. 모든 통계적 유의 수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. Results

1. Verification of Homogeneity Between Experimental and Control Groups

본 연구에 참여한 연구대상자의 작업기억력 및 주의집중력의 사전 값에 대한 항목별 측정값 및 동질성 검증 결과는 <Table 6>과 같다.

<Table 6> Verification of homogeneity between experimental and control groups

Variables	Group		t	p
	Experimental Group (n=12)	Control Group (n=12)		
Number of Memorization	20.42 $\pm$ 2.06	19.50 $\pm$ 3.17	-0.838	.411
Sequential Connection	19.25 $\pm$ 2.22	18.08 $\pm$ 2.50	-1.208	.240
Working Memory Arithmetic	10.50 $\pm$ 2.35	11.75 $\pm$ 3.25	1.079	.292
Total points of Working Memory(pre)	50.16 $\pm$ 6.10	49.33 $\pm$ 8.58	-.274	.787
P	342.08 $\pm$ 45.52	335.50 $\pm$ 47.91	-.345	.733
Attention Q	.94 $\pm$.02	.92 $\pm$.02	-1.956	.063
C	322.24 $\pm$ 47.04	309.75 $\pm$ 42.18	-.685	.501

실험집단과 통제집단 간 작업기억력 사전 값에서 유의한 차이가 나타나지 않아 동질성이 확인되었고, 주의집중력의 두 집단 사전 값을 비교한 결과 P, Q, C의 값 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않아 동질성이 확인되었다. 이러한 결과에 따라 전체적으로 실험집단과 통제집단 간에 유의한 차이는 없으므로 두 집단 간 변인들의 동질성이 검증되었다고 볼 수 있다.

2. Changes in Working Memory

단체 줄넘기 전·후 집단별 작업기억력 세부항목에 대한 분석, 비교 결과는 <Table 7>과 같다. 실험집단과 통제집단 각각 숫자, 순차연결, 산수 항목의 점수가 향상되었다.

<Table 7> Comparison of working memory details between experimental and control groups

variables	Experimental Group (n=12)		Control Group (n=12)	
	pre	post	pre	post
Number of Memorization	20.42 ±2.06	21.83 ±2.58	19.50 ±3.17	20.42 ±2.81
Sequential Connection	19.25 ±2.22	21.17 ±2.03	18.08 ±2.50	19.00 ±2.48
Arithmetic	10.50 ±2.35	11.58 ±2.61	11.75 ±3.25	12.17 ±3.01

1) Change in the Memorization of Numbers

실험 전·후 실험집단과 통제집단의 각 집단 내 숫자외우기의 변화를 살펴본 결과는 <Table 8>과 같다. 실험집단의 경우 실험 전 20.42±2.06, 실험 후 21.83±2.58로 실험 후 결과 값이 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.05$). 통제집단의 경우 실험 전 19.50±3.17, 실험 후 20.42±2.81로 결과 값이 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

<Table 8> Changes in the memorization of numbers in groups pre and post experiments

Group	Period		t	p
	Pre	Post		
Experimental Group(n=12)	20.42 ±2.06	21.83 ±2.58	-3.559	.004
Control Group(n=12)	19.50 ±3.17	20.42 ±2.81	-2.200	.050

실험 후 실험집단과 통제집단의 집단 간 숫자외우기 점수의 차이를 살펴본 결과는 <Table 9>와 같다. 실험집단은 21.83±2.58, 통제집단은 20.42±2.81로 실험집단이 통제집단보다 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

<Table 9> Results of t-verification for memorization of numbers between groups pre and post the experiment

variables	Group		t	p
	Experimental Group(n=12)	Control Group(n=12)		
Number of Memorization	21.83±2.58	20.42±2.06	-1.284	.212

2) Change of Sequential Connection

실험 전·후 실험집단과 통제집단의 각 집단 내 순차연결의 변화를 살펴본 결과는 <Table 10>과 같다. 실험집단의 경우 실험 전 19.25±2.22, 실험 후 21.17±2.03로 실험 후 결과 값이 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p,.05$). 통제집단의 경우 실험 전 18.08±2.50, 실험 후 19.00±2.48로 결과 값이 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

실험 후 실험집단과 통제집단의 집단 간 순차연결 점수의 차이를 살펴본 결과는 <Table 11>과 같다. 실험집단은 21.17±2.03, 통제집단은 19.00±2.48로 실험집단이 통제집단보다 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

<Table 10> Changes in sequential connections in groups pre and post experiments

Group	Period		t	p
	Pre	Post		
Experimental Group(n=12)	19.25 ±2.22	21.17 ±2.03	-4.244	.001
Control Group(n=12)	18.08 ±2.50	19.00 ±2.48	-2.421	.034

<Table 11> Results of t-verification for sequential connections between groups pre and post experiment

variables	Group		t	p
	Experimental Group(n=12)	Control Group(n=12)		
Sequential Connection	21.17±2.03	19.00±2.48	-2.335	.029

3) Change of Arithmetic

실험 전·후 실험집단과 통제집단의 각 집단 내 산수 점수의 변화를 살펴본 결과는 <Table 12>와 같다. 실험집단의 경우 실험 전 10.50±2.35, 실험 후 11.58±2.61로 실험 후 결과 값이 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ($p<.05$). 통제집단의 경우 실험 전 11.75±3.25, 실험 후 12.17±3.01로 결과 값이 증가하였고, 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

<Table 12> Changes in arithmetic in groups pre and post the experiment

Group	Period		t	p
	Pre	Post		
Experimental Group(n=12)	10.50 ±2.35	11.58 ±2.61	-3.767	.003
Control Group(n=12)	11.75 ±3.25	12.17 ±3.01		

실험 후 실험집단과 통제집단의 집단 간 산수 점수의 차이를 살펴본 결과는 <Table 13>과 같다. 실험집단은 11.58±2.61, 통제집단은 12.17±3.01로 실험집단이 통제집단보다 낮게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

<Table 13> Results of t-verification for arithmetic between groups pre and post the experiment

variables	Group		t	p
	Experimental Group(n=12)	Control Group(n=12)		
Arithmetic	11.58±2.61	12.17±3.01	.507	.617

3. Change in Attention

12주간의 단체줄넘기 후 실험집단과 통제집단의 사전사후 주의집중력 P, Q, C 영역의 결과는 <Table 14>와 같다. 주의집중력의 평균점수가 높을수록 주의집중력이 증가하였음을 나타낸다.

<Table 14> Results of attention detail items of experimental and control groups

variables	Experimental Group (n=12)		Control Group (n=12)	
	Pre	Post	Pre	Post
P (Selective Attention)	342.08 ±45.52	367.92 ±51.32	335.50 ±47.91	335.00 ±45.51
Q (Self Control /Distributed Attention)	.94 ±.02	.95 ±.01	.92 ±.02	.92 ±.02
C (Continuous Attention)	322.24 ±47.04	350.53 ±50.26	309.75 ±42.18	310.45 ±42.47

1) P(Selective Attention) Change

실험 전·후 실험집단, 통제집단의 집단 내 선택능력 지수의 변화를 살펴본 결과는 <Table 15>와 같다. 실험집단의 경우 실험 전 342.08±45.52, 실험 후 367.92±51.32로 선택적 주의력이 향상되었으며 통계적으로도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ($p<.05$). 통제집단의 경우 실험 전 335.50±47.91, 실험 후 335.00±45.51로 선택적 주의력의 변화가 없으며 통계적으로도 유의한 차이는 나타나지 않았다.

<Table 15> The change of selective attention in the group pre and post the experiment

Group	Period		t	p
	Pre	Post		
Experimental Group(n=12)	342.08 ±45.52	367.92 ±51.32	-5.151	.000
Control Group(n=12)	335.50 ±47.91	335.00 ±45.51		

실험 후 실험집단과 통제집단의 집단 간 선택적 주의력의 차이를 살펴본 결과는 <Table 16>과 같다. 실험집단은 367.92 ± 51.32 , 통제집단은 335.00 ± 45.51 로 나타났고 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

<Table 16> Results of t-verification for selective attention between groups pre and post the experiment

variables	Group		t	p
	Experimental Group(n=12)	Control Group(n=12)		
P (Selective Attention)	367.92 ± 51.32	335.00 ± 45.51	-1.662	.111

2) Q(Self Control/Distributed Attention) Change

실험 전·후 실험집단, 통제집단의 집단 내 자기통제력/분산주의력의 변화를 살펴본 결과는 <Table 17>과 같다. 실험집단의 경우 실험 전 $.94 \pm .02$, 실험 후 $.95 \pm .01$ 로 품질통제 지수가 향상되었으나 통계적으로도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p < .05$). 통제집단의 경우 실험 전 $.92 \pm .02$, 실험 후 $.92 \pm .02$ 로 자기통제력/분산주의력의 변화가 없으며 통계적으로도 유의한 차이는 나타나지 않았다.

<Table 17> The change of self control/distributed attention in the group pre and post the experiment

Group	Period		t	p
	Pre	Post		
Experimental Group(n=12)	$.94 \pm .02$	$.95 \pm .01$	-2.196	.050
Control Group(n=12)	$.92 \pm .02$	$.92 \pm .02$	-.376	.714

<Table 18> Results of t-verification for self control/distributed attention between groups pre and post the experiment

variable	Group		t	p
	Experimental Group(n=12)	Control Group(n=12)		
Q (Self Control /Distributed Attention)	$.95 \pm .01$	$.92 \pm .02$	-4.287	.000

실험 후 실험집단과 통제집단의 집단 간 선택능력 지수의 차이를 살펴본 결과는 <Table 18>과 같다. 실험집단은 $.95 \pm .01$, 통제집단은 $.92 \pm .02$ 로 나타났고 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

3) C(Continuous Attention) Change

실험 전·후 실험집단, 통제집단의 집단 내 지속적 주의력의 변화를 살펴본 결과는 <Table 19>와 같다. 실험집단의 경우 실험 전 322.24 ± 47.04 , 실험 후 350.53 ± 50.26 로 지속성 지수가 향상되었고, 통계적으로도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 통제집단의 경우 실험 전 309.75 ± 42.18 , 실험 후 310.45 ± 42.47 로 지속적 주의력이 향상되었으나 통계적으로도 유의한 차이는 나타나지 않았다.

<Table 19> The change of continuous attention in the group pre and post the experiment

Group	Period		t	p
	Pre	Post		
Experimental Group(n=12)	322.24 ± 47.04	350.53 ± 50.26	-5.975	.000
Control Group(n=12)	309.75 ± 42.18	310.45 ± 42.47	-.133	.896

실험 후 실험집단과 통제집단의 집단 간 지속적 주의력의 차이를 살펴본 결과는 <Table 20>과 같다. 실험집단은 350.53 ± 50.26 , 통제집단은 310.45 ± 42.47 로 나타났고 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

<Table 20> Results of t-verification for continuous attention between groups pre and post the experiment

variables	Group		t	p
	Experimental Group(n=12)	Control Group(n=12)		
C (Continuous Attention)	350.53 ± 50.26	310.45 ± 42.47	-4.287	.000

IV. Discussions

1. Changes in Working Memory

본 연구에서는 실험집단 내 숫자외우기, 순차연결, 산수 항목에서 통계적으로 유의미하게 향상되어 집단 내 유의미한 차이를 보였고, 실험집단과 통제집단 간에는 순차연결 항목에서 유의미한 차이가 나타났다.

작업기억력 향상과 관련된 연구로 12주간 강도별 유산소운동을 한 결과 HRR 70% 유산소운동 집단에서 작업기억력 향상에 유의한 효과가 있었고(전용균, 김재호, 최재일, 2013), 8주간 강도별 유산소운동을 한 결과 중강도 운동 HRR 45%와 고강도 운동 HRR 75%에서 작업기억력의 유의미하게 향상하였으며(이기홍, 조원제, 2014), 유산소운동과 저항성운동을 함께 실시한 연구에서 20대를 대상으로 12주간 총 10여종의 기구를 사용하여 웨이트 트레이닝을 실시하고, HRR 50% 걷기 및 뛰기를 실시한 결과 작업기억력이 향상되었다(김원식, 조원제, 2016). 중간 강도의 운동은 작업기억력을 증가시키고(Quelhas Martins, A. et al, 2013), 개인별로 조금 차이는 있으나 운동으로 작업기억력의 유의미한 향상(Yamazaki, et al, 2017)과 저항성 운동과 유산소운동으로 작업기억이 향상되었으며(Pontifex, M.B., et al, 2009),

ADHD 학생들을 대상으로 소프트웨어 프로그램을 적용한 결과 시공간, 구업 작업기억 능력에서 유의미한 향상을 보였고(권상남, 이근민, 김소영, 2015), 음고와 선율 중심의 음악활동을 통하여 단순언어 장애아동의 작업기억력이 유의미하게 향상되었으며(최진아, 박혜영, 2018), 운동이 작업기억력의 관계를 살펴보면 10주간 초등학교 6학년 남학생을 대상으로 운동을 실시한 결과 작업기억력 항목 중 숫자외우기 항목에서 유의미한 결과를 보였다(김용광, 박기호, 2014).

줄넘기는 다양한 운동 형태로 나타나며 관련된 연구를 살펴보면 번갈아 뛰기, 두발 모아뛰기의 운동 형태를 통하여 에너지 소비량, 대사량 등에서 유의미한 효과를 주며(최대혁, 2004), 비만 성인을 대상

으로 8주간 30분씩 줄넘기를 실시한 결과 근력, 근지구력, 유연성이 향상되었고(김보균, 박인성, 2013), 초등학생을 대상으로 줄넘기를 실시하여 여학생과 남학생 모두 유연성, 건강, 외모 등 신체적 자기개념에서 유의미한 효과를 보였고, 여학생보다 남학생, 줄넘기 운동의 주당 참여가 많을수록 높은 신체적 자기개념을 보였다(서영원, 김성곤, 김창현, 2009). 음악 줄넘기가 초등학생의 체력 뿐만 아니라 자신감, 자기조절능력 등 자기효능감의 향상에도 긍정적인 영향을 미치고(신선영, 이동규, 2008), 주 4회, 1회 30분씩 줄넘기를 꾸준히 한 아동이 자아존중감과 사회성과 같은 정서발달에도 유의미한 효과를 주며(양균승, 양갑렬, 2006), 음악줄넘기 활동 및 음악줄넘기를 활용한 심상훈련을 통하여 초등학생의 성취동기 수준이 유의하게 증가하였다(정상원, 송광섭, 2009). 줄넘기 운동과 관련된 연구 결과를 통하여 줄넘기 운동은 신체적 발달 뿐만 아니라 정서적으로도 유의미한 결과를 미치는 것으로 사료된다.

본 연구에서는 작업기억력을 숫자외우기, 순차연결, 산수 항목으로 연구를 실시하였다. 실험집단 내에서는 3가지 항목 모두에서 유의미한 차이를 나타냈고, 통제집단 내에서는 순차연결 항목에서 유의미한 차이가 나타났으며 실험 후 순차연결 항목에서 집단 간 유의미한 차이를 보였다. 이는 초등학교 5학년 남학생 30명을 대상으로 태권도 운동을 기반으로 한 원저 복합운동을 1~4주 HRR 50~60%, 5~8주 HRR 60~70%, 9~12주 HRR 70~80%의 강도로 12주간 실시한 결과, 기초체력과 뇌 신경영양인자(NGF)는 유의하게 향상되었으나 뇌 신경영양인자(BDNF)와 작업기억력의 향상에는 유의한 결과가 나타나지 않았다는 연구(김훈태 외, 2015)와 하수민, 김도연, 김지현이 2017년 12주간 여성 노인을 대상으로 순환운동을 실시한 결과 기초 체력, 우울 척도 등의 신체, 정서 기능에는 유의한 효과가 있었으나 인지 기능에는 유의한 효과가 나타나지 않았다는 연구 결과와 일부 일치한다. 이는 고강도 단체 줄넘기 운동이 비교적 단기간에 적용되었으므로, 고강도 단체 줄넘기 운동을 장기간 실시할 경우 작업기억력 향상에 유의미한 결과가 나타날 것으로 사료된다.

작업기억력은 줄넘기 운동과 같은 신체 프로그램 뿐만 아니라 산수 계산, 단어 학습 등 다양한 인지

학습과도 관련되어 개인별로 다르게 나타날 수 있는데 이 연구에서는 연구대상인 초등학생의 특성상, 줄넘기 운동 외의 신체활동, 인지학습과 관련하여서는 연구 기간에 통제하기 어려운 부분이 있었다고 사료되며, 단체 줄넘기 운동 외의 신체 활동과 작업 기억력 향상에 영향을 미칠 수 있는 인지 학습 통제에 관한 신중한 접근이 더 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 단체 줄넘기 운동 외에 작업기억력에 영향을 미칠 수 있는 관련 요소 연구의 필요성을 제시하는데 연구의 의의를 두고자 한다.

2. Change in Attention

본 연구에서는 실험집단 사전사후 평균비교에서 P(선택적 주의력), C(지속적 주의력)가 유의하게 증가하였다. 실험집단과 통제집단에서 P(선택적 주의력), Q(자기통제력/분산주의력), C(지속적 주의력)의 증가는 주의집중력의 증가를 의미하며, 통제집단에서는 사전사후 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 또한 집단 간 비교를 통하여 Q(자기통제력/분산주의력), C(지속적 주의력)에서 실험집단의 점수가 통제집단에 비해 크게 증가하였으며 집단 간 유의미한 차이도 있는 것으로 나타났다. 이는 안정덕, 한남익, 김정완(2012)이 스포츠 기초기능 학습프로그램 등 4개 영역의 체육영재 프로그램이 주의집중력 증가에 영향을 미쳤다는 연구와 ADHD 아동을 대상으로 조작적 로봇 활동을 한 결과 주의집중력이 유의미하게 증가하였다(남현옥, 이진향, 2014)는 연구 결과, 뉴로피드백 훈련을 통하여 주의집중력이 향상되었다는(박재성, 이민기, 2017) 연구 결과와 일부 일치한다. 이는 단체줄넘기 운동이 주 3회 방과 후 스포츠클럽 시간을 활용하여 일정한 시간과 횟수로 진행되었고, 8자 마라톤과 긴 줄 뛰어들어 함께 뛰기 단체 줄넘기 특성 상, 줄을 넘을 때 일정한 달리기 속력과 점프로 줄을 넘고, 줄넘기에 걸리지 않기 위하여 시작부터 끝까지 줄넘기 줄이 회전하는 것에 집중하며 꾸준히 신체활동을 이어나갔기 때문으로 사료된다.

수영운동에 참여한 실험집단 유아들이 신체활동에 참여한 비교집단 유아들보다 전체 주의집중력과 하위 영역인 선택적 주의집중력, 지속적 주의집중력

을 모두 증진시키는 것으로 나타났다는 결과(최승식, 김현정, 2018)와 무용/동작 프로그램이 ADHD

아동의 주의집중력 증가에 영향을 주었으며(이수진, 이미영, 2010), 초등학생을 대상으로 숨은 그림 찾기 책을 이용한 결과 주의집중력이 향상하였고(전혜진, 김승민, 이경현, 2016), 배드민턴 선수에게 지속적으로 뇌기능조절프로그램을 사용한 결과 유의미한 효과가 있었고(오형석, 정성현, 2017), 트램펄린 운동이 지적장애 아동의 주의집중력과 뇌의 안정 상태에 유의미한 영향을 주어(박규남, 서재명, 2017), 아동이 하나의 대상에 몰입하였을 때 주의집중력이 유의미하게 증가하였다는 본 연구 결과와 일치한다고 할 수 있다.

또한 고강도 인터벌 운동이 점진적으로 혈중 젖산 농도가 뇌신경 대사의 부가적인 에너지원이 되며 BDNF, IGF-1, VEGF 등의 뇌신경성장인자의 이용성을 개선시키고(황지선외, 2016), 운동이 학습과 기억에 관한 분자를 변화시키고 특히 뇌기능 활성화와 뇌세포 생성을 촉진시키기 위해서는 중강도 혹은 더 높은 수준의 운동이 필요하며 이는 청소년에게도 적합하다고 하였다(박윤진, 2015). 태권체조와 음악줄넘기에서 8자돌리기 등 다양한 줄넘기 활동을 하여 본 연구의 단체줄넘기 운동이 신정엽, 윤성준(2017)의 결과를 뒷받침한다고 할 수 있다. 골프 선수의 시각적 집중력과 관련한 연구에서(유승원, 2014) 유의미한 연구 결과가 있었다는 점에서 집중력은 단순한 뇌의 기능의 변화가 아니라 뇌를 지배하고 있는 신경구조 및 기능의 변화로부터 나타나는 생리적 현상에 기인된 결과라고 할 수 있다(유승원, 2014; Naatanen, 1992). 대뇌 전두엽의 기능 저하로 보고 있는 주의력결핍-과잉행동장애 학생에게 15분 동안 체조 운동이 주의집중력 향상에 유의미한 결과를 미쳤다는 사실은(이광희, 2012) 운동과 주의집중력의 밀접한 관계를 보여주는 것으로 운동과 주의집중력의 상관관계에 대해 지속적으로 주목할 필요가 있다.

현재까지 신체활동 프로그램이 주의집중력에 미치는 영향에 대한 연구는 주로 개인이 하는 운동이었다. 본 연구에서는 중강도의 단체줄넘기 운동 프로그램을 적용하였고, 이러한 연구 결과를 토대로 단체로 하는 운동이 주의집중력의 향상에 영향을

준다는 점과 줄넘기 운동이 초등학교의 지속적 집중력 향상에 유의미한 결과를 준다는 점을 밝혔다.는 점에서 이 연구 결과의 의미가 있다고 사료된다.

V. Conclusions

이 연구는 12주간의 단체줄넘기 운동이 초등학교 학생들에게 작업기억력과 주의집중력에 미치는 영향을 알아보기 위한 연구로, 초등학교 5학년 여학생을 대상으로 각 반별로 무선 표집하여 작업기억력과 주의집중력 검사를 실시한 후 동질성이 검증된 24명을 선정하여 실험집단과 통제집단에 각각 12명씩 무선 배정하고, 단체줄넘기 운동을 실시하여 전과 후의 작업기억력과 주의집중력의 차이를 알아본 연구이다. 이 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 12주간의 단체줄넘기 운동 프로그램을 통한 실험집단의 작업기억력 비교에서 숫자외우기, 순차연결, 산수 모두에서 유의미한 차이가 나타났다. 통제집단의 작업기억력 비교에서 순차연결에서 유의미한 차이가 나타났고, 숫자외우기, 산수에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 실험 후 실험집단과 통제집단과 비교에서는 순차연결에서 유의미한 결과가 나타났고, 숫자외우기, 산수에서는 유의미한 결과가 나타나지 않았다.

둘째, 12주간의 단체줄넘기 운동 프로그램을 통한 실험집단의 주의집중력 비교에서 P(선택적 주의력), C(지속적 주의력) 지수에서 각각에서 유의미한 차이가 나타났다. 통제집단의 주의집중력 비교에서는 P(선택적 주의력), Q(자기통제력/분산주의력), C(지속적 주의력) 모두에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 실험 후 실험집단과 통제집단간 비교에서는 P(선택적 주의력)에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았으나 Q(자기통제력/분산주의력), C(지속적 주의력) 지수에서 모두 유의미한 차이가 나타났다.

결론적으로, 12주간의 단체줄넘기 운동 프로그램은 초등학교 5학년 여학생의 작업 기억력 일부(순차연결), 주의집중력(자기통제력/분산주의력, 지속적 주의력) 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타

났고, 단체줄넘기 운동 프로그램은 학교 현장에서 시간과 장소에 크게 구애받지 않고 적용할 수 있으며, 초등학교 고학년 학생들의 주의집중력 향상 프로그램으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Ahn, J. D., Han, N. I. & Kim, j. W. (2012). Concentration Variation through Sport Talented Children's Training Program. *The Journal of the Korea Contents Association*, 12(8), 343-354.
- Cho, H. Y. (2007). Effects of Game Activities Which Influence School Age's Sociality and Peer Relationships. *Journal of Child Welfare and Development*, 5(1), 1-24.
- Choe, H. S. (2015). A Study on the Development of Elementary School Students' Sociality through Competitive Activities of Field-Type of New Sports. *The Journal of Korea Elementary Education*, 26(3), 1-20.
- Choi, C. O. (2000). The Effects of Attention Concentration Training Program on the ADHD Children's Attention Concentration and Impulsiveness. A dissertation on the Master's Degree of Education. Catholic University of Korea.
- Choi, D. H. (2004). Effects of Rope Skipping Type on the Energy Expenditure and Metabolic Rate. *Journal of Exercise Science*, 13(1), 25-33.
- Choi, J. A., & Park, H. Y. (2018). Effects of Pitch-Melody Music Activities on Working Memory and Language Competency of Children with Specific Language Impairment. *Journal of Arts Psychotherapy*, 14(2), 71-96.
- Choi. S. S., & Kim, H. J. (2018). The Effects of Swimming Exercise on Children's Attention Concentration and Self-Regulation. *Journal of Korea Sport Society*, 16(2), 79-88.
- Chun, H. J., Kim, S. M. & Lee, K. H. (2016). Study on Special Effects of Attention Concentration by

- 'Finding Hidden Picture' Picture Books. *Journal of Communication Design*, 57, 141-154.
- Ha, S. M., Kim, D. Y. & Kim, J. H. (2017). Effects of Circuit Exercise on Functional Fitness, Estradiol, Serotonin, Depression and Cognitive Function in Elderly Women. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, 31(3), 199-217.
- Han, J. H., & Jeon, S. Y. (2013). The Effect of Group Art Therapy Using Korean Painting Medium on the Attention of Elementary Students. *Korean Journal of Art Therapy*, 20(2) 359-378.
- Heo, J. (2006). Effect of Rope Skipping-Program on Improvement of Physical Features and Fitness of Middle School Boys. *Korea sport research*, 17(4), 397-406.
- Hwang, J. S., Kim, T. Y. & Hwang, M. H. (2016). Exercise and Neuroplasticity : Benefits of High Intensity Interval Exercise. *Korean Journal of Life Science*, 26(1), 129-139.
- Jeon, Y. K., Kim, J. H. & Choi, H. I. (2013). The Change of Brain-Derived Neurotrophic Factor(BDNF), Insulin-Like Growth Factor-1(IGF-1) and Working-Memory in Adolescents by Aerobic Exercise Intensity for 12 weeks. *Korean Journal of Physical Education*, 52(5), 753-763.
- Jung, S. W., Song, K. S. (2009). The Effect of Music Rope-skipping Mental Training on Achievement Motivation of Elementary School Children. *The Korean Journal of Elementary Physical Education*, 15(1), 39-51.
- kim, B. K., Park, I. S. (2013). Effect of Jump Rope Exercise on Body Composition and Health-Related Physical Fitness in Obese Adults. *Journal of KOEN*, 7(4), 145-151.
- Kim, H. K. (2001). Assessment of Memory Disorders Using Rey-Kim Memory Test. *The Korean Journal of Rehabilitation Psychology*, 8(2). 29-48.
- Kim, H. T. et. al. (2015). The Effects of Combined Exercise on Basic Physical Fitness, Neurotrophic Factors and Working Memory of Elementary Students. *Exercise Science*, 24(2), 243-251.
- Kim, J. H. (2013). The Effect of Sports taking Activity on Stress, Aggression & Concentration of Elementary School Students. A dissertation on the Master's Degree of Education. Gyeongin National University of Education.
- Kim, W. S., Cho, W. J. (2016). Investigation of the Effect of Exercise Type on Working Memory by Analyzing Hematologic Factors. *The Journal of Korea Society for Wellness*, 11(1), 217-229.
- kim, Y. K., Park, k. H. (2014). Effects of Exercise on Short-Term Memory of Elementary School Students. *Journal of Education Research*. 34(1), 19-36.
- Kwon, S. N., Lee, K. M. & Kim, S. Y. (2015). Study on the Development and Effectiveness of Working Memory and Activation of the Frontal Lobes Program : focus on ADHD students. *Disability & Employment*, 25(3), 5-33.
- Lee, H. J. (2015). The Effect of Learners' Working Memory Capacity, Spatial Contiguity Principle, and Multimedia Principle on Retention and Comprehension. *The Journal of Educational Information and Media*, 21(1), 1-18.
- Lee, K. H. (2012). The Effect of 15-minutes Exercise Therapy on the Attention and Behavior of Boys with Attention-Deficit/hyperactivity Disorder(ADHD). *Korean Journal of Exercise Rehabilitation*, 8(2), 101-109.
- Lee, K. H., Cho, W. J. (2014). Effects of Different Intensities of Regular Aerobic Exercise on Blood-Related Hormones and Working Memory in the Middle School Students. *Korean Journal of Physical Education*, 53(3), 653-663.
- Lee, S. J., Lee, M. Y. (2010). The Effect of a Dance/Movement Therapy Program on ADHD Children's Attention. *Official Journal of Korean Society of Dance Science*, 20, 1-13.

- Ministry of Science and ICT(2017). *The Survey on Smart Phone Overdependence in 2017*. Seoul: Ministry of Science and ICT.
- Nam, H. W., Lee, J. H. (2014). The Effect of the Hands on Activity Through the Robot Education on the Improvement of Concentration of ADHD Children. *The Journal of Korean Association of Practical Arts Education*, 27(1), 181-199.
- Oh, H. S., Jung, S. H. (2017). Concentration of Badminton Players EEG Self-regulation Techniques for Improving the Effectiveness of Verification. *The Korea Journal of Sport*, 15(3), 827-836.
- Oh, Y. M. (2006). Effect of Team Rope-Jumping Exercise on Elementary Student's Sociality Development. A Dissertation on the Master's Degree of Education, Inha University Graduate School of Education.
- Park, J. S., Lee, M. K. (2017). Effect of Regular Neurofeedback Training on Attention Span, Neural Reflex, Gross Motor and Fine Motor Function. *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, 7(6), 493-501.
- Park, k. N., Sun, J. M. (2017). A Study on the Effect of Trampoline Movement Applying Psychological Movement on Attention Focusing Power and Brain's Stability of Mentally Handicapped Children. *The Korea Journal of Sports Science*, 26(6), 1239-1245.
- Park, Y. J. (2015). A Study on Exercise Function and Brain Neural Plasticity. *The Journal of Sciences and Arts*, 25, 7-18.
- Pyun, M. Y. et al. (2010). Effect of Aerobic Exercise on Factors Relative to the Brain Nerve Growth in Girls. *Journal of Life Science*, 20(6), 948-954.
- Seo, Y. W., Kim, S. G. & Kim, C. H. (2009). The Effect of Rope-Skipping Exercise on Elementary Students' Physical Self-concept. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 13(3), 417-435.
- Shin, J. Y., Yun, S. J. (2017). The Effect of Taekwon Dance Exercise and Music Rope-skipping Exercise for the Brain Plasticity of Elementary School Students. *The Korea Journal of Sports Science*, 26(2), 1139-1148.
- Shin, S. Y., Lee, D. K. (2008). The Effects of Music Rope Jumping on the Physical Strength and Self Efficacy of the Elementary School Students. *The Korean Journal of the Elementary Physical Education*, 14(1), 159-168.
- Song, J. H. (2012). Effects of Early Morning Physical Activity on Academic Achievement, Numeracy, Concentration, and Learning Attitude of Elementary School Boys. A doctoral dissertation, Chonbuk National University Graduate School.
- Yang, K. S., Yang, G. R. (2006). The Relationship Between Self-esteem and Emotional Development of Children's Participation of Rope-Skipping. *The Korean Journal of Elementary Physical Education*, 12(2), 107-115.
- Yu, S. W. (2014). The Characteristic of Visual Concentration and Blood Neuro Plasticity according to Golf Performance in Golfer. *Korean Journal of Golf Studies*, 8(4), 21-28.
- Baddeley A. (2003). Working Memory and Language: An Overview. *Journal of Communication Disorders*, 36(3): 189-208.
- Gathercole, S. E., & Alloway, T. P. (2006). Practitioner Review: Short-term and working memory impairments in neurodevelopmental disorders: diagnosis and remedial support. *Journal of child psychology and psychiatry and allied disciplines*, 47(1), 4-15.
- Grossman, p. (1973). Respiration, Stress and Cardiovascular Function. *Psychology*, 20, 284-300.
- Hynd, G. W., & Willis, W. G. (1985). Inhibitory Processes: A neglected dimension of intelligence. *Intelligence*, 15(2), 157-173.
- Naatanen, R. (1992). *Attention and Brain Function*. Psychology Press.
- Phillips, H. S. et al. (1990). Widespread Expression of BDNF but not NT3 by Target Areas of Basal

- Forebrain Cholinergic Neurons. *Science*, 250(4978), 290-294.
- Pontifex, M. B. et al. (2009). The Effect of Acute Aerobic and Resistance Exercise on Working Memory. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(4), 927-934.
- Quelhas Martins, A., Kavussanu, M., Willoughby, A., & Ring, C. (2013). Moderate Intensity Exercise Facilitates Working Memory. *psychology of sport and exercise*, 14(3), 323-328.
- Ratey, J. J., & Hagerman, E. (2009). *Spark The Revolutionary New Science of Exercise and the Brain*. Seoul: Booksum.
- Shaffer, R. et al. (2001). Effect of Interactive Metronome Training on Children with ADHD. *American Journal of Occupational Therapy*, 55, 155-162.
- Yamazaki, et al. (2017). Inter-individual Differences in Exercise-induced Spatial Working Memory Improvement: A near-infrared spectroscopy study. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 977, 81-90.

[저자의 소속과 직위]

윤상빈 : 통영진남초등학교, 교사, 제1저자
호은석 : 한국교원대학교, 박사과정 학생
김경래 : 한국교원대학교, 교수, 교신저자