

브레인스피닝 프로그램이 소아청소년의 인지기능, 신체조성, 건강관련체력에 미치는 영향

김준혁¹ · 송 옥^{2,3,4} · 송인수⁵ · 김현준^{6*} · 임병걸⁷ · 허정윤⁸

¹경남대학교 대학원 석사과정 학생, ²㈜닥터엑솔 대표, ³서울대학교 체육교육과 스포츠과학연구소 교수,
⁴서울대학교 노화고령사회연구소 교수, ⁵한양대학교 체육학과 IAB 교수, ^{6*}경남대학교 체육교육과 교수,
⁷㈜닥터엑솔 연구소 실장, ⁸한국암웨이 연구개발부 부장

Effects of Brain Spinning Program on Cognitive Function, Body Composition, and Health Related Fitness of Children and Adolescents

Jun-Hyeok Kim¹ · Wook Song, Ph.D.^{2,3,4} · In-Soo Song⁵ · Hyun-Jun Kim, Ph.D.^{6*}
· Byung-Gul Lim⁷ · Jung-Yoon Hur, MS⁸

¹Dept. of Physical Education, Kyungnam University, MS-Student

²Dept. of Dr.Exsol Inc., Chief Executive Officer

³Dept. of Physical Education Institute of Sport Science, Seoul National University, Professor

⁴Institute on Aging, Seoul National University, Professor

⁵Dept. of Physical Education and Active Aging Industry, Hanyang University, IAB Professor

^{6*}Dept. of Physical Education, Kyungnam University, Professor

⁷Research Institute, Dr.Exsol Inc., Director of Research

⁸Amway Korea, Research Innovation Manager

Abstract

Purpose : This study was conducted to determine the effects of a brain spinning program on cognitive function, body composition, health related fitness and physical self-efficacy of children and adolescents.

Methods : This study, 34 children and adolescents were selected and divided into two groups : the exercise group (n=16), which received a brain spinning program and the control group (n=16), which did not receive any exercise program. The program was conducted for 30 minutes three times a week for 4 weeks, and the cognitive function, body composition, health related fitness and physical self-efficacy were measured both before and after the program.

Results : The exercise group, which received a brain spinning program showed a significant increase in short-term memory ($p<.05$) and working memory ($p<.01$), and muscle mass increased significantly only in the exercise group ($p<.05$).

In addition, left grip strength increased in the exercise group ($p<.01$), and the maximum oxygen intake decreased significantly only in the control group ($p<.05$), and Sit-forward bend increased significantly only in the exercise group ($p<.01$). Physical self-efficacy significantly increased only in the exercise group ($p<.05$).

Conclusion : In summary, short-term memory, cognitive efficiency, working memory, muscle mass, left grip strength, maximum oxygen intake, and left forward bending in children and adolescents significantly increased after the 4-week brain spinning program. However, the control group that was not provided with the 4-week brain spinning program showed a significant increase in body weight and a significant decrease in maximum oxygen intake. In conclusion, the 4-week brain spinning program has positive effects on short-term memory, cognitive function, muscle mass, muscle strength, cardiorespiratory endurance, flexibility, and physical self-efficacy.

Key Words : brain spinning, children and adolescents, cognitive function, health related fitness, physical self-efficacy

*교신저자 : 김현준, mb611@hanmail.net

※ 본 연구는 한국암웨이의 연구비 지원을 받아 수행됨.

제출일 : 2023년 11월 23일 | 수정일 : 2023년 12월 29일 | 게재승인일 : 2024년 1월 5일

I. 서론

인지기능이란 기억력, 지남력, 판단력, 주의력, 계산능력, 언어능력 등 대뇌의 고차원적인 기능을 의미한다. 재활에서 인지기능은 기능적 회복을 예측하는 중요한 요소이다(Lee, 2003). 인지기능 손상은 뇌졸중뿐만 아니라 치매, 외상성 뇌손상, 뇌성마비 등 다양한 진단에서 동반되며(Cicerone 등, 2000; Gonktovshy 등, 2002) 심한 인지장애가 있는 경우 근골격계 이상이 없음에도 운동 기술에 문제를 가지게 된다(Sunderland 등, 1999).

청소년기 학생들의 인지기능은 중요한 발달 단계로, 이들의 인지기능 수준은 학업성취나 사회적 적응력에 영향을 미친다(Diamond, 2012). 하지만 현재 청소년기 학생들의 인지기능 수준은 낮아지는 추세이며, 이는 학습장애, 주의력결핍과 과잉행동장애, 우울증, 불안장애 등의 발생 위험을 증가시킨다(Bull 등, 2008; Li 등, 2018). 따라서 소아청소년들의 인지기능 수준을 개선하는 방법이 필요하다.

소아청소년들의 인지기능 수준을 개선하는 방법 중 운동은 인지기능 개선에 효과적인 방법 중 하나이다(Hillman 등, 2008). 운동은 인체의 신체적·정신적 건강을 주관하는 중추신경계, 특히 인지기능을 관장하는 뇌의 기능을 조절 및 유지하는 역할을 하며, 뇌로 가는 혈류량을 증가시켜 인지기능을 향상시킨다고 보고되었다(Dimeo 등, 2001). 또한 운동은 뇌세포의 혈액공급을 유지하도록 도와주어 인지기능에 필요한 산소 및 영양분을 공급해주며, 퇴화된 신경세포의 회복을 촉진시켜 중추신경계 작용을 활성화시키고, 신경영양성인자의 증가, 신경교세포생성, 혈관세포생성, 세포사멸 감소 등에 영향을 미친다(Woo, 2010).

운동관련 선행연구를 살펴보면 고강도 운동이 성인의 어휘 학습, 그리고 청소년의 선택적 주의 및 실행 기능

을 향상시켰으며(Koubaa 등, 2013; Oja 등, 2011; Van Biljon 등, 2018), 리듬운동은 신체구성 및 체력을 향상시키고 우울감과 정서적 행복감 등 심리적으로도 긍정적 효과가 있는 것으로 나타났고(Kim & Yang, 2013; Kwon 등, 2013), 인지기능과 기억수행을 증가시킨다고 하였다(Kim & Yang, 2013).

이러한 효과에도 불구하고 대부분의 운동프로그램의 인지기능 개선 효과에 관한 선행연구에서는 고령자를 연구대상으로 한 지역사회 기반의 연구에 국한되어 있으며, 과학적 근거 기반의 소아청소년을 대상으로 한 인지기능 개선 운동프로그램은 찾아보기 어려우며, 운동과 인지과제를 복합적으로 실천하는 운동프로그램의 효과 검증은 매우 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 소아청소년들을 대상으로 인지기능 향상을 목표로 한 이중과제운동, 고강도 인터벌 트레이닝, 점진적 유산소운동, 리듬운동, 고유수용성신경 근축진법의 5가지 구성 원리를 포함한 브레인스피닝 프로그램을 개발하고, 인지기능, 신체구성, 건강관련체력에 미치는 효과를 무작위 비교 시험을 통해 검증하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상은 경기 D시에 거주하는 S중학교 학생 중 연구 시작 전 연구의 취지와 프로그램 안내를 받은 후, 연구에 참가하기를 동의한 자 중에서 의학적인 질환이 없고 정기적으로 약물을 복용하지 않으며, 실험에 앞서 본 실험에 대한 설명을 듣고 법정대리인의 동의와 자발적인 참여의사를 밝힌 참여자를 대상으로 선정하였다.

대상자 수는 G*Power 3.0을 이용하여 이원변량반복분

Table 1. Physical characteristics of study subjects

Group	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	% fat (%)
EG (n=16)	14	163.03±8.20	58.03±11.85	23.98±11.16
CG (n=16)	14	164.56±7.22	66.09±20.38	25.09±11.74

Values are the means±SD, EG; experimental group, CG; control group.

석 (two-way repeated measures ANOVA)에 필요한 유의 수준(α)=.05, 중간정도의 효과크기=.5, 검정력(1-2종 오류(β)=.85로 차이분석을 실시할 때 본 연구에서는 30명이 필요하여, 탈락율(약 10%)을 고려하여 총 34명을 선정하였으며, 중도포기로 인한 탈락자 2명을 제외하여 운동군(EG, Experimental Group, 16명)과 대조군(CG, Control Group, 16명)으로 구성하여 32명으로 결과를 분석하였다.

2. 실험설계 및 절차

대상자 모집 후 인지기능(단기 기억력, 주의집중능력, 인지효율, 처리속도, 작업기억), 신체조성(신장, 체중, 체지방률, 근육량, 내장지방), 건강관련체력(근력, 근지구력, 심폐지구력, 유연성), 신체적자기효능감 변인을 사전 측정하고 브레인스피닝 프로그램(4주 주 3회 30분/1회) 후 동일 항목을 측정하여 측정의 시기별(사전, 사후), 집단별(운동군, 대조군) 차이를 비교하였다.

3. 측정항목 및 방법

1) 인지기능

단기 기억력 검사는 성인 지능검사 K-WAIS(Korean-Wechsler adult intelligence scale) 중 언어와 숫자 따라 외우기 검사를 응용하여 개발한 코핏(cognition fitness) 프로그램을 이용하였다(Kim, 2001). 테스트는 각 단계별 숫자가 화면에 나타나면 5초 동안 기억하였다가 화면의 숫자가 가려지면 기억한 숫자를 순서대로 적는다. 테스트는 1단계에서 10단계까지 있으며 단계가 올라갈 때마다 기억해야 될 숫자가 1개씩 늘어난다. 1단계의 3개에서 10단계의 12개까지 문제로 제시된 숫자의 총합은 75개이다. 점수 계산은 10단계까지 입력한 숫자가 순서대로 맞춘 정답수의 총합을 계산식에 넣어서 최종 점수를 계산한다. 정답을 모두 맞춘 경우 총합은 75개이므로 만점은 150점이며, 백분율로 계산하여 만점을 100점으로 만든다.

$$[(A \times 2) - (75 - A)] \div 150 \times 100 = \text{코핏 단기 기억력 점수}$$

주의집중능력, 인지효율, 처리속도, 작업기억은 웨슬러 아동용 지능검사 5판을 사용하여 측정하였으며, 13개의 소검사 중에 숫자외우기 소검사를 실시하였고 검사과정은 검사자가 1초 간격으로 불러주는 숫자들을 피험자가 따라서 말하거나(digit forward; DF), 거꾸로 따라서 말하거나(digit backward; DB), 순서대로 따라서 말을 하도록 하였으며(digit sequencing; DS), DF는 3자리부터 9자리까지, DB는 2자리부터 8자리까지, DS는 2자리부터 9자리까지 단계적으로 실시하였으며 각 단계마다 2회 실시하고 피험자가 최대 외운 단계를 점수로 기록하여 DF검사와 DB검사, DS검사의 총 합을 작업기억으로 산정하였다.

2) 신체조성

신장, 체중, 체지방률, 근육량, 내장지방을 Inbody H20B를 이용하여 측정 시 바른 측정 자세는 바로 선 상태에서 자연스럽게 다리와 팔을 벌린 상태로 옷이나 액세서리 등의 무게가 더해지지 않게 실제 체중에 가까워지도록 하여 1회씩 측정하였다.

3) 건강관련체력

약력은 약력계를 이용하여 둘째손가락의 제2 관절이 직각이 되도록 폭을 조절하여 직립자세에서 2회 실시하여 최대값을 kg 단위로 측정하였다. 근지구력은 윗몸일으키기로 일으키기 측정 기구 위에 누워 무릎을 세우고 양손으로 목 뒤를 잡고 복근을 이용하여 상체를 일으켜서 앞으로 굽히는 동작을 30초간 시행한 후 그 횟수로 측정하였다.

심폐지구력은 스텝검사로 피험자들은 신호음에 맞춰 45.7 cm의 스텝박스에 올라갔다, 내려오는 동작을 반복하여 분당 24회 속도로 3분간 실시한 후 심박수를 측정하였다.

$$\begin{aligned} \text{최대산소섭취량(남자)} &= 111.33 - (.42 \times \text{심박수}) \\ \text{최대산소섭취량(여자)} &= 65.81 - (.1847 \times \text{심박수}) \end{aligned}$$

유연성의 측정은 좌전굴로 피검자는 신발을 벗고 양발 바닥을 측정기구의 수직면과 완전히 닿게 무릎을 펴

고 바르게 앉아 양발사이에 넓이는 5 cm를 넘지 않게 하고 양손 바닥은 곧게 펴고 왼손바닥이 오른 손 등위에 올려 겹치게 준비 시작 구령에 따라 상체를 천천히 앞으로

로 굽히면서 측정기구의 눈금 센서를 밀어주고 피검자의 손가락 끝이 2초 정도 멈춘 지점의 막대자의 눈금을 읽어서 기록하며 2회 실시하여 좋은 기록으로 산정하

Table 2. Brain spinning program for exercise group

	Contents	Period(weeks)	Intensity	Time(min)
Warm-up	Stretching			5
Main Exercise	Spinning			
	① Up-down, ② L-up			
	③ Square(Box), ④ V-up			
	⑤ Hi, ⑥ Diamond,	1	RPE	
	⑦ Thumb-up, ⑧ Disco	Theme1	11-12	
	⑨ Exercise-Cognition combined			
	Dual-Task			
	Spinning			
	① Clap(Upper Body)			
	② Swimming(Upper Body)			
③ Squat(Lower body)	2	RPE		
④ Holding Cycle(Lower body)	Theme2	11-12		
⑤ PNF(Upper and Lower body)				
⑥ Car racer(Upper and Lower body)				
⑦ Wink and poke(Upper and Lower body)				
⑧ Arm-pulling				
Spinning				
① Prep session,				
② session1				20
Fast Pedaling - Penguin				
③ session2				
Fast pedaling - deceleration			RPE	
④ session3	3	16-17		
Fast pedaling - Tilting back and forth	Theme3	9-10		
⑤ session4				
Fast pedaling - elbow supination & deceleration				
⑥ session5				
Fast pedaling - Arabesque				
Spinning				
① Look at me, ② Tai Chi (Putting up plates)				
③ Shoulder - internal rotation				
④ put your hands up	4	RPE		
⑤ In-out	Theme4	11-12		
⑥ Circle				
⑦ Thumb-up				
⑧ Mime(Hold the handle and wave)				
Cool down	Breathing & Stretching			5
Total				30

였다.

4) 신체적자기효능감

Ryckman 등(1982)이 제작 개발하고 Hong(1996)이 변안한 것을 이용하였으며 전체문항은 인지된 신체능력 검사 10문항과 신체적 자기표현 자신감 검사 12문항의 두 개 하위요인으로 구성되어 있고 각각의 문항은 긍정문과 부정문의 형식으로 6점 리커트 척도(1점: 전혀 그렇지 않다, 6점: 매우 그렇다)에 응답하도록 하였다. 긍정문은 점수가 높을수록 효능감 점수가 높고, 부정문은 역으로 계산하여 효능감 점수를 산정하였다.

4. 브레인스피닝 프로그램

근거 기반의 소아청소년을 대상으로 한 인지기능 개선 운동프로그램을 개발하기 위하여 선행연구를 바탕으로 인지기능 개선 효과가 검증된 운동방법을 바탕으로 운동원리를 만들고 이에 부합하는 운동동작을 구성하여 브레인스피닝을 개발하였다.

브레인스피닝의 운동원리는 이중과제운동, 고강도 인터벌 트레이닝, 점진적 유산소운동, 리듬운동, 고유수용성신경근축진법의 5가지이다. 이중과제운동은 전신과 뇌 혈류량이 증가하고, 단일과제 수행 시보다 뇌의 더 넓은 영역을 활성화시켜 인지기능 개선에 영향을 미치는 것으로 알려져 있고(Kim & Kim, 2015), 고강도 인터벌 트레이닝은 유산소 운동과 근력운동을 결합되어 인지기능 개선 측면에서 더욱 효과적이며 HIIT의 경우 운동이 끝난 후 휴식 30분까지 인지기능 개선의 효과가 지속되는 것으로 보고되었고(Gomez-Pinilla & Hillman, 2013; Tsukamoto 등, 2016), 점진적 유산소운동은 운동 실시에 따라 나타날 수 있는 잠재적 위험요인을 줄일 수 있는 방법으로 알려져 있으며(Thompson 등, 2013), 리듬운동은 움직임 조절(motor control) 기능의 증진과 반응의 축진을 도모하기 때문에 인지기능을 더욱 효과적으로 개선시키는 것으로 보고되었으며(Vink & Hanser, 2018; Satoh 등, 2014), 고유수용성신경근축진법은 뇌의 다양한 영역에서 가장 풍부하게 발현되는 신경영양인자이면서 신경세포의 성장, 발달, 신경 가소성에 중요한 물질인 BDNF 발현에 더욱 효과적인 것으로 보고되었다

(Chaturvedi 등, 2018).

5. 자료 분석

모든 자료는 SPSS Ver. 18.0 프로그램을 이용하여 산출하였으며, 모든 자료는 평균과 표준편차로 표기하였다. 사전 동질성 검사는 독립 t검정(independent sample t-test)을 사용하였으며, 모든 항목에서 운동군과 대조군 간에 유의한 차이가 나타나지 않아서 사전값의 동질성이 확보되었다. 사전값에 대한 동질성이 확보된 경우 집단간 시간간의 변화와 상호작용을 검증하기 위하여 이원변량반복분석(two-way repeated measures, ANOVA)을 실시하였다. 집단간 시간간의 변화와 상호작용효과가 나타난 항목은 대응 t검정(paired t-test)을 사용하여 사후분석을 실시하였다. 모든 자료의 통계적 유의 수준은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 인지기능의 변화

4주 브레인스피닝 프로그램에 따른 인지기능을 분석한 결과 단기기억력에서 시간 간 유의한 주효과가 발생하였으며($p < .05$), 이에 따라 사후분석을 실시한 결과 운동군에서만 사전값 38.75점에서 사후값 53.37점으로 유의하게 14.63점 증가한 것으로 나타났다($p < .01$).

인지효율에서 상호작용효과가 발생하여 브레인스피닝 전과 후 변화값과 대조군 전과 후 변화값에서 집단간 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 이에 따라 사후 분석을 실시한 결과 운동군에서는 평균값이 증가하고 대조군의 평균값이 감소하는 경향을 보였다.

작업기억에서 상호작용효과가 발생하여 브레인스피닝 전과 후 변화값과 대조군 전과 후 변화값에서 집단간 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .01$). 이에 따라 사후 분석을 실시한 결과 운동군에서만 사전값 33.18점에서 사후값 36.87점으로 유의하게 5.69점 증가한 것으로 나타났다($p < .01$).

Table 3. Changes in cognitive function

Variable	Group	Pre	Post	Source	F	p
Short term memory (Co-Fit) (point)	EG (n=16)	38.75±20.97	53.37±15.59**	A	6.851	.014#
				B	.828	.370
	CG (n=16)	40.00±13.34	42.81±18.21	A×B	3.144	.086
Attentive concentration (point)	EG (n=16)	10.37±2.70	10.87±2.68	A	1.569	.220
				B	.199	.659
	CG (n=16)	10.18±1.93	10.31±2.52	A×B	.565	.458
Cognitive efficiency (point)	EG (n=16)	12.81±4.18	14.87±2.21	A	.194	.663
				B	.117	.735
	CG (n=16)	14.18±2.31	12.81±4.90	A×B	4.850	.035#
Processing speed (point)	EG (n=16)	10.00±2.36	11.12±2.24	A	.210	.650
				B	.634	.432
	CG (n=16)	11.43±1.75	10.81±3.42	A×B	2.574	.119
Working memory (point)	EG (n=16)	33.18±6.91	36.87±6.00**	A	.962	.334
				B	.006	.939
	CG (n=16)	35.81±4.36	33.93±7.54	A×B	9.065	.005##

Values are the means±SD, EG; exercise group, CG; control group, A; time, B; group, A×B; time×group(interaction effect), *, paired t-test, **, p<.01, #; two-way repeated measures ANOVA, #, p<.05, ##, p<.01

2. 신체조성의 변화

4주 브레인스피닝 프로그램에 따른 신체조성을 분석한 결과 체중에서 시기 간 유의한 주효과가 발생하였다 (p<.001). 이에 따라 사후 분석을 실시한 결과 운동군 (p<.05)과 대조군(p<.001) 모두 유의하게 증가한 것으로

나타났다.

근육량에서 시기 간 유의한 주효과가 발생하였다 (p<.05). 이에 따라 사후분석을 실시한 결과 운동군에서만 사전값 23.94 kg에서 사후값 24.47 kg으로 유의하게 .53 kg 증가한 것으로 나타났다(p<.05).

Table 4. Changes in body composition

Variable	Group	Pre	Post	Source	F	p
Weight (kg)	EG (n=16)	58.03±11.84	59.09±12.31*	A	31.464	.000###
				B	1.952	.173
	CG (n=16)	66.08±20.38	67.83±21.24***	A×B	1.880	.180
Fat% (%)	EG (n=16)	23.98±11.15	23.61±9.90	A	.027	.870
				B	.161	.691
	CG (n=16)	25.08±11.73	25.61±11.32	A×B	.768	.388
Muscle mass (kg)	EG (n=16)	23.94±5.09	24.47±5.30*	A	6.954	.013#
				B	1.991	.169
	CG (n=16)	26.23±4.17	26.99±4.83	A×B	.212	.648
Visceral fat (kg)	EG (n=16)	5.68±4.39	5.81±4.26	A	2.000	.168
				B	.573	.455
	CG (n=16)	6.81±5.61	7.43±6.23	A×B	.889	.353

Values are the means±SD, EG; exercise group, CG; control group, A; time, B; group, A×B; time×group(interaction effect), *, paired t-test, **, p<.01, #; two-way repeated measures ANOVA, #, p<.05, ###, p<.001

3. 건강관련체력의 변화

4주 브레인스피닝 프로그램에 따른 건강관련체력을 분석한 결과 좌악력에서 시기 간 유의한 주효과가 발생하였다($p<.01$). 이에 따라 사후분석을 실시한 결과 운동군에서만 사전값 26.78 kg에서 사후값 29 kg으로 유의하게 2.22 kg 증가한 것으로 나타났다($p<.01$).

윗몸일으키기에서 시기 간 유의한 주효과가 발생하였다($p<.001$). 이에 따라 사후분석을 실시한 결과 운동군($p<.01$)과 대조군($p<.01$) 모두 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

최대산소섭취량에서 상호작용 효과가 발생하여 브레인스피닝 전과 후 변화값과 대조군 전과 후 변화값에서 집단간 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.05$). 이에 따라 사후분석을 실시한 결과 대조군에서만 사전값 60.19 ml/kg/min에서 사후값 55.68 ml/kg/min으로 유의하게 4.51 ml/kg/min 감소한 것으로 나타났다($p<.05$).

좌전굴에서 시기 간 유의한 주효과가 발생하였다($p<.001$). 이에 따라 사후분석을 실시한 결과 운동군에서만 사전값 3.81 cm에서 사후값 7.13 cm으로 유의하게 3.32 cm 증가한 것으로 나타났다($p<.01$).

Table 5. Changes in health-related fitness

Variable	Group	Pre	Post	Source	F	p
Left grip strength (kg)	EG (n=16)	26.78±9.85	29.00±9.40**	A	9.872	.004###
	CG (n=16)	29.28±4.72	30.34±6.02	B	.501	.485
Right grip strength (kg)	EG (n=16)	29.31±9.22	30.31±8.74	A×B	1.234	.275
	CG (n=16)	31.70±7.59	30.71±7.35	A	.000	.993
Sit-up (number)	EG (n=16)	30.93±8.02	36.43±11.02**	B	.244	.625
	CG (n=16)	27.80±11.52	33.00±12.01**	A×B	1.914	.177
Maximum oxygen intake (ml/kg/min)	EG (n=16)	60.58±6.54	62.24±6.13	A	30.880	.000###
	CG (n=16)	60.19±6.74	55.68±9.60*	B	.776	.386
Sit-forward bend (cm)	EG (n=16)	3.81±11.01	7.13±9.92**	A×B	.024	.877
	CG (n=16)	1.66±6.95	2.78±6.88	A	1.029	.318
				B	2.505	.124
				A×B	4.784	.037#
				A	30.880	.000###
				B	.776	.386
				A×B	.024	.877

Values are the means±SD, EG; exercise group, CG; control group, A; time, B; group, A×B; time×group(interaction effect), *; paired t-test, **; $p<.01$, #; two-way repeated measures ANOVA, #; $p<.05$, ###; $p<.01$, ###; $p<.001$

4. 신체적자기효능감의 변화

4주 브레인스피닝 프로그램에 따른 신체적자기효능감을 분석한 결과 상호작용효과가 발생하여 브레인스피닝

전과 후 변화값과 대조군 전과 후 변화값에서 집단간 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.05$). 이에 따라 사후분석을 실시한 결과 운동군에서만 사전값 73.5점에서 사후값 77.75점으로 유의하게 4.25점 증가한 것으로 나타났다

Table 6. Changes in physical self-efficacy

Variable	Group	Pre	Post	Source	F	p
Physical self-efficacy (score)	EG (n=16)	73.50±12.58	77.75±11.52*	A	3.618	.067
	CG (n=16)	71.37±7.99	71.06±9.19	B	1.534	.225
				A×B	4.858	.035#

Values are the means±SD, EG; exercise group, CG; control group, A; time, B; group, A×B; time×group(interaction effect), *; paired t-test, **; $p<.01$, #; two-way repeated measures ANOVA, #; $p<.05$

($p < .05$).

IV. 고 찰

본 연구는 4주간 브레인스피닝 프로그램을 통한 소아 청소년의 인지기능, 신체조성, 건강관련체력, 신체적자기효능감에 대한 효과를 검증하고자 경기도 D시에 위치한 S중학교 학생으로 구성된 운동군 16명과 대조군 16명을 대상으로 4주간 브레인스피닝 프로그램을 실시하였으며, 본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같이 논의하고자 한다.

본 연구에서 4주 브레인스피닝 프로그램에 따른 인지기능을 분석한 결과 단기 기억력에서 시기 간 주효과가 발생하였고($p < .05$), 인지효율($p < .05$)과 작업기억($p < .01$)에서 상호작용효과가 발생하였다. 이에 사후 분석한 결과 운동군에서 브레인스피닝 프로그램 후 단기 기억력과 작업기억이 유의하게 증가하였다($p < .05$).

단기 기억(short term memory)은 어떤 사물의 특징이나 말 등을 겨우 몇 초 동안 기억하는 것을 말한다. 기억 과정은 감각 기억과 단기 기억 그리고, 장기 기억으로 구분된다. 단기 기억은 현재 주어진 자극을 바로 정보로 수용하여 사용하고, 몇 초 혹은 몇 분 후에 재생해내거나 반응해야 하는 그러한 정보를 받아 기억하는데 쓰인다(Anderson, 1985). 단기 기억은 정보의 흐름을 통제하고 지배하는 역할을 하기 때문에 기억의 과정 중에서 가장 핵심적이다.

운동 후 단기 기억력이 향상되는 배경에는 운동으로 인한 체력 및 생리적인 기능의 향상에 의한 것이라 할 수 있다. 운동과 인지능력에 관련된 연구들을 살펴보면 Chodzko-Zajko와 Moore(1994)는 인간의 체력과 인지 능력에 밀접한 관계가 있다면서 규칙적인 운동이 뇌 기능을 향상시킬 수 있다고 보고하였다. 또한 운동은 혈관형성(Isaacs 등, 1992)과 세로토닌 분비 등을 증가시키고(Chaoulloff, 1989) 중대뇌동맥의 뇌혈류를 증가시켜 신경 세포 생성, 장기 강화, 기억, 학습에 영향을 주는 것으로 여겨진다(Jung 등, 2005).

인지효율(cognitive efficiency)은 효과적인 정보처리는

얼마나 많은 정보를 처리하느냐의 문제뿐만이 아니라 자신의 능력수준에서 얼마나 빠르게 정보를 처리하느냐의 문제를 지칭한다(Hoffman & Schraw, 2010). 인지효율은 같은 수행을 위해 투입된 정신적인 노력이 학습자 별로 다르다는 것에 기초해 만들어진 개념이며, 정신적인 노력에 대비해 수행 결과의 효율성을 가장 핵심으로 하는 이론적 구인이다(Paas & Van Merriënboer, 1993). 작업기억(working memory)이란 주의집중력, 인지효율, 처리속도의 종합점수이고, 장기 기억으로 되기 이전인 단기 기억의 과정에서 외부로부터의 정보를 단순히 수동적으로 받아들이는 것이 아니라 인지적 작업과 노력을 통해 기억을 더 오래 유지하게 하거나 장기 기억으로 강화시키는 역할을 한다(Park, 2011).

본 연구의 결과는 브레인스피닝 프로그램의 인지기능 효과는 이종과제 운동 및 복합 운동 프로그램을 실시하여 인지기능을 분석한 선행연구들과 유사한 결과이다. Ham과 Lee(2020)는 12주간 청각·시각 자극 품새 수련이 초등학생의 주의집중능력 항목에서 유의하게 증가하는 효과가 나타났다고 보고하였다. 또한 Jung(2016)은 12주간 이종과제 운동 프로그램 실시가 종합적 인지기능 변화에 유의한 증가를 나타냈다. Choi(2021)의 선행연구에서는 일회성 운동이 초등학생의 숫자바로따라하기(주의력) 항목에서 유의한 향상을 나타냈고, Kim(2022)은 일회성 고강도 달리기 운동이 처리속도에 유의한 향상을 보인다고 하였다. 강도별 유산소 운동을 실시한 선행연구에서 12주간 운동처치를 실시하였을 때 중강도와 저강도에서 청소년의 작업기억이 향상되었다고 하였는데(Jeon & Lee, 2013), 이는 본 연구와 유사한 결과이다.

본 연구 결과와 선행연구 결과를 볼 때 브레인스피닝 프로그램은 인지기능 개선에 효과가 있다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 4주 브레인스피닝 프로그램에 따른 신체조성을 분석한 결과 체중($p < .001$)과 근육량($p < .05$)에서 시기 간 주효과가 발생하였고, 이에 사후 분석한 결과 운동군에서 브레인스피닝 프로그램 후 체중은 운동군($p < .05$)과 대조군($p < .001$) 모두 유의하게 증가하였고, 근육량은 운동군만 유의하게 증가하였다($p < .05$).

근육량의 저하는 인지기능 저하에 영향을 미칠 수 있다(Jang, 2022). 근육량과 인지기능 간의 관련성을 확인

한 선행연구에서 근육량 저하와 인지기능 저하가 여성에서 관련성이 확인되었다(Kohara 등, 2017).

선행연구에서 Jo(2008)는 12주간 줄넘기 운동이 초등학생의 근육량을 증가시키고 체지방률을 감소시키는 효과가 나타났다고 보고하였다. 또한 Kim과 Yoon(2016)은 16주간 댄스스포츠 트레이닝이 초등학생의 체중, 근육량 변화에 유의한 증가를 나타냈으며, Joo(2013)는 4주간의 오래달리기 운동이 초등학교 남학생의 근육량 및 심폐지구력을 향상시키는데 효과적이라고 하였는데 이는 본 연구와 유사한 결과이다.

본 연구의 결과 브레인스피닝 프로그램을 장기적으로 실시하고 식이를 관리하는 추가적인 연구를 통해 대상자의 신체조성에 긍정적인 변화를 나타낼 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 4주 브레인스피닝 프로그램에 따른 건강관련체력을 분석한 결과 좌약력($p<.01$)과 윗몸일으키기($p<.001$)에서 시기 간 주효과가 발생하였고, 최대산소섭취량에서 상호작용효과가 발생하였다($p<.05$). 이에 사후 분석한 결과 운동군에서 브레인스피닝 프로그램 후 좌약력은 증가하였고($p<.01$), 윗몸일으키기는 운동군과 대조군 모두 유의하게 증가하였다($p<.01$). 최대산소섭취량은 대조군만 유의하게 감소하였다($p<.05$).

약력과 인지기능의 관련성을 본 단면연구 결과 약력은 인지기능에 양의 관련성을 보였다(Lee, 2014). 60세 이상 1,096명을 대상으로 10년의 종단연구 결과 낮은 약력은 10년 후의 인지기능 저하를 예측하는 요인으로 확인되었다(Chou 등, 2019). 손의 움직임 제어하는 뇌의 피질 영역은 언어 및 숫자 처리와 관련 있다. 이는 약력과 인지기능 저하 간의 상호작용이 있음을 의미한다(Olivier 등, 2007). 높은 약력은 산화 스트레스와 염증에 대한 내성을 증가시키고 신경근육계를 강화하여 인지기능의 저하를 방지한다(Choi & Kim, 2019). 이는 약력이 낮아짐에 따라 인지기능이 저하될 수 있음을 시사한다.

본 연구의 결과는 리듬운동 및 유산소 운동프로그램 실시하여 건강관련체력을 분석한 선행연구들과 유사한 결과이다. 본 연구결과 심폐지구력의 변화는 상호작용효과가 유의하게 나타났다. 이러한 결과는 심폐지구력의 변화에 음악줄넘기를 적용한 Kim 등(2020)의 연구에서 운동참여집단 내에서 심폐지구력에 유의한 차이를 나타

내었다고 보고한 결과와 일치한다. Byun과 Kim(2018)은 12주간 음악줄넘기 프로그램 실시 후 약력으로 측정된 근력이 유의한 차이가 있었다고 보고하였고, Kim(2011)은 12주간의 음악줄넘기 운동을 실시한 결과 근력 향상에 통계적으로 유의한 차이가 나타나났다고 보고하였다. 따라서 반복적 리듬에 맞추어 단계적으로 강도를 높여 실시한 운동이 상지와 하지의 근육을 발달시켜 근력을 향상시키는데 긍정적인 효과를 주었다고 사료된다(Kim 등, 2016). 이와 같이 리듬운동을 적용한 운동프로그램을 실시한 선행연구를 살펴보았을 때 본 연구의 결과와 일치하는 것을 알 수 있다.

리듬을 적용한 운동프로그램은 상지와 하지의 근육발달을 도모하고 협응동작을 자연스럽게 이루어지도록 하여 리듬감을 향상시키며, 심폐지구력을 높이는 데에도 긍정적인 효과를 줄 수 있는 프로그램이다. 이외에도 Kim 등(2015)의 12주간 실시한 복합운동 프로그램은 심폐지구력, 근지구력 항목에서 유의한 증가를 나타냈고, 스피닝 프로그램을 실시하여 체력을 분석한 선행연구에서, Jung(2013)은 8주간 스피닝 운동을 실시한 집단에서 심폐지구력에 유의한 증가를 나타냈다고 하였다. 이와 같이 스피닝과 유형이 비슷한 리듬운동은 소아청소년의 심폐지구력을 향상시키는데 효과적인 프로그램이라고 할 수 있으며, 더욱 다양한 리듬운동 프로그램이 제공될 필요성이 있다는 것을 증명해주고 있다. 본 연구의 결과 심폐지구력의 집단 간 유의한 차이는 소아청소년의 신체기능 향상과 체력관리 측면에 있어 의미 있는 결과로 사료된다.

근력의 향상은 골밀도와도 관계가 있으며, 근력이 골밀도를 높이는 강력한 인자이다(Bellew & Gehrig, 2006). 또한 신체의 한 부위의 근력은 다른 부위의 근력과 매우 밀접한 관련이 있는데, 특히 약력은 다리의 근력을 대용할 수 있으며 약력 변수 단독으로도 하지 근력과 비슷하게 건강 관련 예후를 예측할 수 있다(Jang & Ryu, 2020). 근감소증은 골격근 줄기세포의 재생능력 감소 및 세포재생 분화 속도의 변화와 관련이 있어 Myokine의 생산과 분비를 저해할 수 있다. Myokine은 인지, 기억, 운동과 같은 뇌 기능을 향상시키는 근육 생성 인자이다(Severinsen & Pedersen, 2020). 이는 근육이 인지기능에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 때문에 근력을 향상하

기 위한 관리가 중요하다.

본 연구 결과와 선행연구 결과를 볼 때 4주 브레인스피닝 프로그램이 소아청소년의 근력(좌악력), 심폐지구력, 유연성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 브레인스피닝 프로그램이 소아청소년의 신체적자기효능감에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Ryckman 등(1982)이 개발하고 Hong(1996)이 변안한 설문지를 바탕으로 이 연구의 참여자와 목적에 맞게 수정·보완하여 사용하였으며 신체적자기효능감의 하위요소인 인지된 신체능력 및 신체적 자기표현 자신감을 측정하였다.

본 연구에서 4주 브레인스피닝 프로그램에 따른 신체적자기효능감을 분석한 결과 상호작용효과가 발생하였다($p<.05$). 이에 사후 분석한 결과 운동군에서 브레인스피닝 프로그램 후 신체적자기효능감이 유의하게 증가하였다($p<.05$).

이러한 연구결과는 신체적 움직임을 포함한 다양한 활동들이 신체적자기효능감에 유의미한 영향을 미침을 보고한 많은 선행 연구들(Kang, 2008)과 그 맥을 같이 한다. Kang(2008)은 아동의 스포츠 활동 참여가 신체적자기효능감에 영향을 미친다고 보고한 바 있으며, 학교스포츠클럽에 참여하는 초등학생의 참여유무에 따른 신체적자기효능감에 대한 Heo(2017)의 연구는 두 변인 간 유의한 차이가 있음을 밝혔다. 토요일스포츠 축구클럽활동에 따른 신체적자기효능감 차이 연구 결과 참여 경험이 있는 학생의 신체적자기효능감이 높게 나타난 선행 연구(Kwon, 2015)의 연구결과와 참여유무에 따른 신체적자기효능감의 차이 연구를 통해 참여 학생이 비참여 학생에 비해 전반적인 신체적자기효능감이 높음을 밝힌 선행 연구(Moon, 2015)의 결과와도 부분적으로 일치한다. Park(2013)는 학교스포츠클럽 활동에서 참여 기간, 참여빈도, 참여 강도, 운동 수준이 높을수록 신체적자기효능감과 운동지속이 높게 나타났고 신체적자기효능감이 운동지속에 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 많은 운동 연구자들은 지속적인 운동이 체력요인을 향상시키는 가장 효과적인 매개물이라고 주장하고 있다(Kim, 2009).

본 연구 결과와 선행연구 결과를 종합해 보면 브레인스피닝 프로그램이 짧은 운동 시간과 운동 기간에도 신체적자기효능감에 긍정적인 변화를 미치는 사실을 알 수 있다. 신체적자기효능감의 세부요소인 인지된 신체능

력이 신체적 과제와 관련된 기술과제를 수행할 수 있는 능력 수준이므로 근육량의 증가와 심폐지구력의 증가, 근지구력의 증가가 운동집단 학생에게 미친 영향이라고 사료된다.

브레인스피닝 프로그램에 참여한 학생들이 대조군에 비해 자신의 신체능력에 대해 자신감을 높게 자각하고 있어 여러 신체활동을 함에 있어 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각된다. 이는 규칙적이고 적극적인 신체활동 참여가 건강한 인지기능 발달을 가져와 학교 및 사회생활에 있어 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 4주 브레인스피닝 프로그램을 통해 소아청소년의 인지기능, 신체조성, 건강관련체력, 신체적자기효능감에 미치는 영향을 규명하기 위해 실시하였으며, 연구대상자는 소아청소년 32명을 운동군 16명 대조군 16명으로 구분하여 브레인스피닝 프로그램을 실시한 결과는 다음과 같다.

운동군에서 브레인스피닝 프로그램 후 인지기능은 단기 기억력, 인지효율, 작업기억이 유의하게 증가하였고, 신체조성은 근육량이 유의하게 증가하였으며, 건강관련 체력은 좌악력, 최대산소섭취량, 좌전굴이 유의하게 증가하였다. 또한 신체적자기효능감이 유의하게 증가하였다.

이와 같은 결과를 종합해보면 4주 브레인스피닝 프로그램 후 소아청소년의 단기 기억력, 인지효율, 작업기억, 근육량, 좌악력, 최대산소섭취량, 좌전굴은 유의하게 증가하였으나 4주 브레인스피닝 프로그램이 제공되지 않은 대조군은 체중의 유의한 증가와 최대산소섭취량의 유의한 감소가 나타났다. 결론적으로 브레인스피닝 프로그램을 제공받는 것과 제공받지 않는 것에 차이가 있음을 시사하며, 4주 브레인스피닝 프로그램은 단기 기억력, 인지기능, 근육량, 근력, 심폐지구력, 유연성, 신체적자기효능감에 긍정적인 효과가 있다.

참고문헌

- Anderson RC, Hiebert EH, Scott JA, et al(1985). *Becoming a nation of readers*. Champaign, IL: University of Illinois. Urbana, Center for the Study of Reading, Illinois University.
- Bellew JW, Gehrig L(2006). A comparison of bone mineral density in adolescent female swimmers, soccer players, and weight lifters. *Pediatr Phys Ther*, 18(1), 19-22. <https://doi.org/10.1097/01.pep.0000200952.63544.16>.
- Bull R, Espy KA, Wiebe SA(2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Dev Neuropsychol*, 33(3), 205-228. <https://doi.org/10.1080/87565640801982312>.
- Byun JC, Kim DW(2018). The effects of music rope-skipping exercise on the BMD, physical fitness, ability of static balance and body compositions in elementary children. *Korea Sport Soc*, 16(1), 75-83.
- Chaouloff F(1989). Physical exercise and brain monoamines: a review. *Acta Physiol Scand*, 137(1), 1-13. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1989.tb08715.x>.
- Chaturvedi P, Singh AK, Kulshreshtha D, et al(2018). Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) vs. task specific training in acute stroke: the effects on neuroplasticity. *MOJ Anat Physiol*, 5(2), 154-158. <https://doi.org/10.15406/mojap.2018.05.00181>.
- Chodzko-Zajko WJ, Moore KA(1994). Physical fitness and cognitive functioning in aging. *Exerc Sport Sci Rev*, 22(1), 195-220.
- Choi EJ(2021). A study on the effect of a single session of exercise on cognitive ability of elementary school students. Graduate school of Kyonggi University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Choi MJ, Kim KY(2019). The effects of relative handgrip strength on cognitive function: the moderating roles of paid employment status and social activities. *J Korean Gerontol Soc*, 39(3), 549-567. <https://doi.org/10.31888/JKGS.2019.39.3.549>.
- Chou MY, Nishita Y, Nakagawa T, et al(2019). Role of gait speed and grip strength in predicting 10-year cognitive decline among community-dwelling older people. *BMC Geriatr*, 19(1), Printed Online. <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1199-7>.
- Cicerone KD, Dahlberg C, Kalmar K, et al(2000). Evidence-based cognitive rehabilitation: recommendations for clinical practice. *Arch Phys Med Rehabil*, 81(12), 1596-1615. <https://doi.org/10.1053/apmr.2000.19240>.
- Diamond A(2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Curr Dir Psychol Sci*, 21(5), 335-341. <https://doi.org/10.1177/0963721412453722>.
- Dimeo F, Bauer M, Varahram I, et al(2001). Benefits from aerobic exercise in patients with major depression: a pilot study. *Br J Sports Med*, 35(2), 114-117. <https://doi.org/10.1136/bjism.35.2.114>.
- Gomez-Pinilla F, Hillman C(2013). The influence of exercise on cognitive abilities. *Compr Physiol*, 3(1), 403-428. <https://doi.org/10.1002/cphy.c110063>.
- Gontkovsky ST, McDonald NB, Clark PG, et al(2002). Current directions in computer-assisted cognitive rehabilitation. *NeuroRehabilitation*, 17(3), 195-199.
- Ham KW, Lee JA(2020). Effects of 12 weeks of auditory and visual stimulation Taekwondo Poomsae training on body composition, physical strength and cognitive function of experienced elementary school students. *Journal of Martial Arts*, 14(4), 179-200. <https://doi.org/10.51223/kosoma.2020.11.14.4.179>.
- Heo G(2017). The effect of elementary school students' participation in school sports club on physical self-efficacy and self-esteem. Graduate school of Mokpo University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF(2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci*, 9(1), 58-65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>.
- Hoffman B, Schraw G(2010). Conceptions of efficiency: applications in learning and problem solving.

- Educational Psychologist, 45(1), 1-14. <https://doi.org/10.1080/00461520903213618>.
- Hong SO(1996). The impact of exercise participation on physical self-efficacy and gender role type changes. Graduate school of Pusan University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Isaacs KR, Anderson BJ, Alcantara AA, et al(1992). Exercise and the brain: angiogenesis in the adult rat cerebellum after vigorous physical activity and motor skill learning. *J Cereb Blood Flow Metab*, 12(1), 110-119. <https://doi.org/10.1038/jcbfm.1992.14>.
- Jang MJ(2022). The relationship between the sarcopenia indicator and cognitive function : a cross-sectional study in a rural area. Graduate school of Hanyang University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Jang W, Ryu HK(2020). Association of low hand grip strength with protein intake in Korean female elderly: based on the seventh Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES VII), 2016-2018. *Korean J Commun Nutr*, 25(3), 226-235. <https://doi.org/10.5720/kjcn.2020.25.3.226>.
- Jeon YK, Lee JY(2013). Influence on neurotrophin, working memory in youth student by different intensities aerobic exercise. *Journal of Wellness*, 8(3), 239-247.
- Jo HS(2008). Effect of rope jumping exercise on body composition and basic physical strength of obese elementary school students. Graduate school of Korea National Sport University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Joo YS(2013). The effect of long-distance running by elementary school students on physical fitness and body composition. Graduate school of Busan University of Foreign Studies, Republic of Korea, Master's thesis.
- Jung IK, Oh MJ, Yoon JS, et al(2005). Effect of exercise type and valsalva maneuver on cerebral blood flow. *J Sport Leisure Stud*, 23, 403-410.
- Jung JH(2013). Effect of the eight weeks spinning exercise on the body composition, health related physical fitness and vascular compliance of the middle-aged women with obesity. Graduate school of Chonnam University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Jung MK(2016). Effect of a dual-task exercise program on cognitive function and physical strength in patients with mild cognitive impairment. Graduate school of Dong-a University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Kang TW(2008). (The) effects children's sports participation give to physical strength, physical self-concept and ego-resiliency. Graduate school of Daegu Catholic University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Kim DK, Yang EH(2013). The effect of rhythm therapy on recognition, body composition, and physical fitness in elderly with mild dementia. *J Korean Phys Educ Assoc Girls Women*, 27(4), 115-127.
- Kim HB, Yoon JR(2016). The effect of dance sport training on the body composition, body alignment and aerobic capacity in elementary female students. *Korea Sport Soc*, 14(3), 525-534.
- Kim HR(2022). Effects of chocolate milk intake following a single bout of high-intensity running and cryotherapy on blood lactate, heart rate variability, cognitive function and physical performance. Graduate school of Korea University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim HT, Song YE, Kang EB, et al(2015). The effects of combined exercise on basic physical fitness, neurotrophic factors and working memory of elementary students. *Exer Sci*, 24(3), 243-251. <https://doi.org/10.15857/ksep.2015.24.3.243>.
- Kim JY, Kim KL, Ann MJ, et al(2016). Effects of rope skipping exercise on health related fitness and bone density in elementary school girls. *J Learner-centered Curr Instr*, 16(10), 621-638.
- Kim KA, Kim OS(2015). The effects of exercise-cognitive combined dual-task program on cognitive function and depression in elderly with mild cognitive impairment. *Korean J Adult Nurs*, 27(6), 707-717. <https://doi.org/10.7469/kjan.2015.27.6.707>.
- Kim MI(2011). The effects of 12-week music jump rope

- exercise on the body composition, physical fitness & blood lipids of female elementary school student. *Journal of Korea Entertainment Industry Association*, 5(3), 131-137.
- Kim SS(2009). The influence of the inline skating activity on the sociality of the autistically-disable. Graduate school of Sungkyunkwan University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim SY, Park SH, Byun JK(2020). The effects of sports rhythm training on student health physical fitness and cognitive function in middle school girls. *J Korean Assoc Phys Educ Sport Girls Women*, 34(4), 141-153. <https://doi.org/10.16915/jkapesgw.2020.12.34.4.141>.
- Kim YS(2001). The effect of cognitive ability and self-esteem on regular exercise in the elderly. *Korean J Phys Educ*, 40(4), 181-193.
- Kohara K, Okada Y, Ochi M, et al(2017). Muscle mass decline, arterial stiffness, white matter hyperintensity, and cognitive impairment: Japan shimanami health promoting program study. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 8(4), 557-566. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12195>.
- Koubaa A, Trabelsi H, Masmoudi L, et al(2013). Effect of intermittent and continuous training on body composition cardiorespiratory fitness and lipid profile in obese adolescents. *IOSR J Pharm*, 3(2), <https://doi.org/31-37.10.9790/3013-32103137>.
- Kwon SJ, Park JS, Park SY, et al(2013). Low-intensity treadmill exercise and/or bright light promote neurogenesis in adult rat brain. *Neural Regen Res*, 8(10), 922-929. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-5374.2013.10.007>.
- Kwon WC(2015). The effect of saturday sports soccer club activities of elementary students on their mental health and physical self-efficacy. Graduate school of Yeungnam University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee SE(2014). The relationship between hand grip strength and cognitive function in older adults: the moderating effect of regular exercise. *Korean J Commun Living Sci*, 25(1), 29-37. <https://doi.org/10.7856/kjcls.2014.25.1.29>.
- Lee SR(2003). (A) study on relationship between activities of daily living and cognitive score in stroke patients. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Li L, Ma X, Zhang L, et al(2018). The relationship between cognitive flexibility and academic achievement in medical students. *BMC Med Educ*, 18(1), 1-8.
- Moon CH(2015). Analysis of physical self-efficacy of school sports club league participating students and satisfaction of their school life. Graduate school of Korea National University of Education, Republic of Korea, Master's thesis.
- Oja P, Titze S, Bauman A, et al(2011). Health benefits of cycling: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports*, 21(4), 496-509. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01299.x>.
- Olivier E, Davare M, Andres M, et al(2007). Precision grasping in humans: from motor control to cognition. *Curr Opin Neurobiol*, 17(6), 644-648. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2008.01.008>.
- Paas FG, Van Merriënboer JJ(1993). The efficiency of instructional conditions: an approach to combine mental effort and performance measures. *Hum Factors*, 35(4), 737-743. <https://doi.org/10.1177/001872089303500412>.
- Park SM(2011). Functional differences between working memory and short-term memory, and their relation to intelligence : SEM and fMRI approach. Graduate school of Sookmyung Women's University, Republic of Korea, Doctoral Dissertation.
- Park YK(2013). The relation between physical self-efficacy and exercise adherence of the middle school students participating in school sports club. Graduate school of Korea National University of Education, Republic of Korea, Master's thesis.
- Ryckman RM, Robbins MA, Thornton B, et al(1982). Development and validation of a physical self-efficacy

- scale. *J Pers Soc Psychol*, 42(5), 891-900. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.42.5.891>.
- Satoh M, Ogawa JI, Tokita T, et al(2014). The effects of physical exercise with music on cognitive function of elderly people: Mihama-Kiho project. *PloS One*, 9(4), Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095230>.
- Severinsen MCK, Pedersen BK(2020). Muscle-organ crosstalk: the emerging roles of myokines. *Endocr Rev*, 41(4), 594-609. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa016>.
- Sunderland A, Bowers MP, Sluman SM, et al(1999). Impaired dexterity of the ipsilateral hand after stroke and the relationship to cognitive deficit. *Stroke*, 30(5), 949-955. <https://doi.org/10.1161/01.str.30.5.949>.
- Thompson PD, Arena R, Riebe D, et al(2013). ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition. *Curr Sports Med Rep*, 12(4), 215-217. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31829a68cf>.
- Tsukamoto H, Suga T, Takenaka S, et al(2016). Greater impact of acute high-intensity interval exercise on post-exercise executive function compared to moderate-intensity continuous exercise. *Physiol Behav*, 155, 224-230. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.12.021>.
- Van Biljon A, McKune AJ, DuBose KD, et al(2018). Short-term high-intensity interval training is superior to moderate-intensity continuous training in improving cardiac autonomic function in children. *Cardiology*, 141(1), 1-8. <https://doi.org/10.1159/000492457>.
- Vink A, Hanser S(2018). Music-based therapeutic interventions for people with dementia: a mini-review. *Medicines*, 5(4), 109. <https://doi.org/10.3390/medicines5040109>.
- Woo MJ(2010). The relationship between exercise and cognition: Literature review of brain studies. *Korean J Phys Educ*, 49(2), 133-146.