

REVIEW ARTICLE

J Korean
Neuropsychiatr Assoc
2015;54(4):399-405
Print ISSN 1015-4817
Online ISSN 2289-0963
www.jknpa.org

ADHD 아동의 운동효과에 대한 메타분석 : 국내연구 중심으로

중앙대학교 산학협력재단,¹ 중앙대학교병원 정신건강의학과²

강경두¹ · 현기정² · 박정하² · 한덕현²

Exercise Effect in Children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder : Meta-Analysis of Domestic Study

Kyoung Doo Kang, PhD¹, Gi Jung Hyun, MD²,
Jeong Ha Park, MD², and Doug Hyun Han, MD, PhD²

¹Department of Industry Academic Cooperation, Chung-Ang University, Seoul, Korea

²Department of Psychiatry, Chung-Ang University Hospital, Seoul, Korea

The aim of this meta-analysis study was to examine the effectiveness of exercise interventions on attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) pertaining to cognitive function such as attention and impulsivity in children. A comprehensive literature search was conducted using databases including Korean Information Service System, DBpia, Research Information Sharing Service, and National Assembly Library from 1995 to 2014. Search terms included 'ADHD', 'children', 'exercise', 'physical activity', and 'sports'. Standardized mean difference and 95% confidence intervals were calculated, and the heterogeneity of the studies was estimated using Q statistic. That is, these results revealed that effectiveness of exercise groups was higher by approximately 32% compared with control groups. Eight studies (n=150) satisfied the inclusion criteria. The meta-analysis suggested that exercise has a moderate to large effect on core symptoms involved in attention [effect size (ES)=0.93] and impulsivity (ES=0.92) in children with ADHD. The main findings indicate that exercise, based on several types of exercise intervention, appears to be effective for mitigating symptoms such as attention, impulsivity in children with ADHD. From this perspective, exercise might be an effective adjunctive therapy for enhancing the effects of medication in children with ADHD. Future study related to exercise effect on ADHD symptoms is required in order to understand the specific evidence of relationship between exercise and core symptoms.

J Korean Neuropsychiatr Assoc 2015;54(4):399-405

KEY WORDS Exercise · ADHD children · Attention · Impulsivity · Cognitive function.

Received September 3, 2015
Revised September 17, 2015
Accepted September 17, 2015

Address for correspondence

Doug Hyun Han, MD, PhD
Department of Psychiatry,
Chung-Ang University Hospital,
102 Heukseok-ro, Dongjak-gu,
Seoul 06973, Korea
Tel +82-2-6299-3132
Fax +82-2-6299-1114
E-mail hduk70@gmail.com

서 론

주의력결핍 과잉행동장애(attention-deficit hyperactivity disorder, 이하 ADHD)는 아동기에 가장 흔히 나타나는 신경 발달장애이며,¹⁾ 주로 학령기(2~6%)와 학령기 이전(3~7%) 아동으로부터 증상이 나타난다.²⁾ 우리나라의 경우, 5년간 (2007~2011년) ADHD 진료인원이 약 18.4% 증가하였고, 연평균 4.4%씩 증가하고 있는 실정이다.³⁾

ADHD 증상은 동등한 발달 수준에 있는 아동과 비교해서 더 빈번하고 심각한 주의력결핍, 과잉행동 그리고 충동성이 나타나는 것이 특징이다.⁴⁾ 이러한 증상들은 또래아이들과의 관계가 원만하지 못하고, 학업성취에 부정적 영향을 미치기도 한다.⁵⁾ 뿐만 아니라, 학습장애와 기분 및 불안 장애와 같은

정신의학적 질병과 공존될 수 있는 위험성이 높고,⁶⁾ 계속적으로 발생하는 증상을 방지할 경우 성인이 되어서도 증상이 지속될 위험성이 높다.⁷⁾

현재 ADHD 아동을 위한 치료는 약물요법이 주를 이루고 있다.^{8,9)} 그러나 약물요법은 아동의 증상을 단기간 완화시키는 효과는 있지만, 두통, 현기증, 불면증, 발작, 성장발달 지연과 같은 부작용 문제를 일으킬 수도 있다.¹⁰⁾ 이로 인해 최근 국내외 다수 연구들이 ADHD 아동의 약물요법을 대체 혹은 병행할 수 있는 중재방안으로 운동 효과에 대한 연구를 진행하였다.¹¹⁻¹⁶⁾ 실제로, 운동은 뇌의 카테콜라민 시스템의 수용성을 증진시키고, 부주의력, 기억력, 충동 및 과잉행동과 같은 ADHD 핵심증상을 치료할 수 있는 방법 중 하나이다.¹⁷⁾

이와 관련해서 Tomporowski 등¹⁸⁾은 아동의 운동 효과에

대한 중설연구를 통해 카테콜라민 시스템은 ADHD 약물요법과 운동치료에 공통된 부분이라고 하였다. 카테콜라민 시스템이란, 신경전달물질인 노르아드레날린(noradrenaline)과 도파민(dopamine)이 인지 과정과의 상호 보완적인 관계를 의미한다. 이 두 가지 신경전달물질은 인지적 과정을 수행할 때 주로 사용되는 에너지원으로 알려져 있으며, 부주의와 충동성과 같은 ADHD 증상의 원인으로도 보고되고 있다.¹⁹⁾

하지만 대다수의 운동중재 연구들은 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 연구의 피험자가 임상진단을 받은 ADHD 아동보다는 ADHD 성향이 강한 아동을 대상으로 연구를 진행하였다. 둘째, 실험에 참여한 표본의 수가 적다. 셋째, 각기 다른 운동유형을 기반으로 연구를 실행하여 운동의 효과성을 검증하였다. 이러한 제한점은 운동의 효과성에 대한 종합적인 결론을 이끌어 내기에 어려움이 있다. 이러한 관점에서 ADHD 증상에 대한 운동치료들의 타당성 여부를 확인할 수 있는 메타분석 연구가 필요하다. 하지만, 아직까지 기존에 수행되어온 ADHD 아동의 운동효과를 종합적으로 분석한 메타분석 연구는 매우 드문 실정이다.

메타분석은 하나의 연구문제와 관련된 연구결과들을 종합적으로 분석할 목적으로 다수의 개별 연구결과를 통계적으로 분석하는 방법이다.²⁰⁾ 또한, 연구문제에 관련된 결과를 체계적으로 분석함으로써 효과성에 대한 실제적 증거기반을 이끌어 낼 수 있으며,²¹⁾ 전체적인 연구의 방향 혹은 동향을 파악하여 후속 연구에 필요한 연구가설을 제안해 줄 수 있다.²²⁾ 따라서 본 연구의 목적은 사전에 국내 ADHD 아동의 운동 중재 프로그램의 실험논문을 중심으로 운동효과에 영향을 미칠 수 있는 주의집중력과 충동성에 대한 효과크기를 비교분석하는 데 있다. 또한, 실제로 운동을 치료에 적용하여 약물치료의 부작용을 줄이고 그 효과를 배가시킬 수 있는 효과성을 확보하기 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

방 법

분석대상 논문의 선정기준 및 수집

본 연구는 ADHD 아동의 증상을 운동효과 중심으로 분석한 실험 연구를 대상으로 진행하였다. 분석 논문 대상은 1995년부터 2014년까지 국내에서 발표된 학술지논문과 학위논문으로 제한하였다. 이는 정신분석학회(American Psychiatric Association)에서 출간한 정신장애진단 및 통계편람(제4판) 중 ADHD 증상이 1994년 12월에 재개정되었기 때문에 ADHD 증상의 재개념화된 1995년 이후의 논문이 적합하다고 판단되었다.

자료를 수집하기 위해 한국학술정보(Korean Information

Service System), 누리미디어(DBpia), 학술연구정보서비스(Research Information Sharing Service), 국회도서관 등을 이용하였으며, 검색을 위한 주요어는 'ADHD', '아동', '운동', '신체활동' 그리고 '스포츠'였다. 수집결과, 총 263편의 논문이 검색되었으며 검색된 연구들의 제목과 초록을 확인하였다. 그 결과 중복된 총 94편의 연구를 제외하고 169편의 연구를 일차적으로 선정하였다. 다음으로 비운동중재연구(n=49), 음악/미술/무용 연구(n=38), 약물연구(n=21), ADHD와 관련대상이 아닌 연구(n=20), 사례 혹은 양적연구(n=8), 총 139편의 연구를 제외하였다. 마지막으로 30편의 선별된 연구 중 대조집단이 없는 연구(n=19), 동물 실험연구(n=3), 총 22편의 연구를 제외하여 8편의 연구가 최종적으로 분석되었다(그림 1). 메타분석의 대상으로 선별하기 위한 기준들은 다음과 같다.

- 학령기 ADHD 아동을 대상으로 한 중재연구
- 운동을 변인으로 하여 효과를 확인한 사전·사후 실험 설계 연구
- 대조군이 있는 연구
- 통계적 수치(평균, 표준편차, t, F, p 등)가 정확히 제시된 연구

자료 코딩

구체적인 연구방법으로 자료입력의 오류를 방지하고 메타분석 연구의 신뢰도를 높이기 위하여 코딩 매뉴얼을 작성하였으며, 자료코딩의 종류에 따른 매뉴얼은 다음과 같다.

첫째, 각 개별연구의 연구주제, 저자, 논문발표유형, 발표

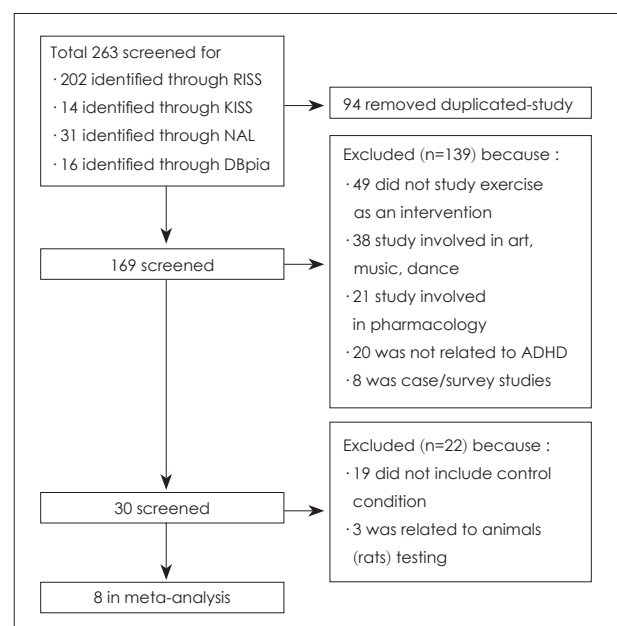


Fig. 1. Flowchart for the selection of studies. RISS : Research Information Sharing Service, KISS : Korean Information Service System, NAL : National Assembly Library.

년도, 그리고 연구 설계와 같은 일반적 특성을 포함하였다. 둘째, 각 개별연구의 피험자의 피험자 수, 성별, 신장, 체중 등과 같은 일반적 특성을 포함하였다. 셋째, 각 개별연구의 중재도구와 운동 프로그램을 포함하였다. 중재도구는 척도의 종류와 검사시기로 구성하였고 운동프로그램은 운동 유형, 처치기간, 처치횟수, 주당횟수, 회당 시간(분) 등으로 구성하였다. 넷째, 각 개별연구의 분석 결과에 관한 것으로 사전-사후 통계수치 등으로 구성하였다.

본 연구에서는 평가자 간 신뢰도 또는 코딩 작업자 간의 신뢰도를 높이기 위해 사전 예비검사를 통해 연구 자료의 불일치 여부를 확인하고, 불일치 사례에 대해서는 충분한 합의를 거쳐 합의점을 찾도록 하였다. 최종적으로 분석된 8편에 대한 구체적인 특성은 표 1과 같다.

자료 분석

본 연구에서는 최종적으로 선정된 8편 연구의 효과크기 (effects size) 산출은 Comprehensive Meta Analysis, ver 2.0 (Biostat Inc., Englewood, NJ, USA) 프로그램을 적용하였다.

동질성 검증

다른 추론 통계방법과 마찬가지로 메타분석에서도 각각의 연구들이 가지고 있는 효과크기가 동일집단으로부터 추출돼 나온 값인가 하는 의문점이 있다. 이러한 제한점을 확인하기 위해 본 연구에서는 다음과 같은 공식을 이용하여 효과크기의 동질성 검증(Q)을 실시하였다.

$$Q = \sum (w \times ES^2) - \frac{[\sum (w \times ES^2)]^2}{\sum w}$$

동질성(Q)값은 카이제곱(χ^2) 분포와 동일하기 때문에 구해진 동질성 검정 통계량 Q값은 자유도 n-3 카이제곱 분포에 근거하게 된다. 만약 귀무가설이 기각되지 않는다면 각각의 개별연구들이 동질하다는 결론을 내릴 수 있으므로 고정효과모형(fixed effect model)을 사용하여야 한다. 반면 각 개별 연구들이 이질적인 자료로 구성되었다면 각 연구가 동일집단에서 선별된 것이 아님을 의미하므로 랜덤효과모형(random effects model)을 사용하여야 한다.²⁰⁾

효과크기 산출

효과크기란 실험집단의 평균과 통제집단의 평균차를 통제집단의 표준편차로 나눈 값이다.²⁰⁾ 이는 실험집단이 통제집단에 비해 표준점수척도 기준으로 보았을 때 어느 정도의 효과가 있는지를 의미하며, Cohen³⁰⁾은 효과크기의 크기가 0.20 이하는 작은 효과크기, 0.20~0.80은 중간 정도 효과크기, 0.80

Table 1. Summary of characteristics of ADHD intervention studies

Author (year)	Publication	N	Sex	Total week	Times per week	Min	Exercise type	Exercise group			Control group				
								n	Age	Height	Weight	n	Age	Height	Weight
Lee (2011) ⁽²³⁾	No	12	M	12	3	60	Ball	6	8.83±0.98	131.23±6.2	28.33±4.68	6	8.83±0.98	133.12±7.91	27.32±5.31
Jung and Choi (2014) ⁽¹¹⁾	Yes	30	F	8	3	60	Aerobic	16	10.25±2.11	138.4±11.91	33.18±9.62	14	10.21±1.12	140.08±8.78	33.81±5.4
Cho (2012) ⁽²⁴⁾	Yes	12	M	12	3	60	Combine	6	8.31±0.43	127.05±3.28	27.13±2.79	6	8.26±0.47	125.42±3.41	26.25±2.37
Shin (2009) ⁽²⁵⁾	No	20	M	12	2	50	Ball	10	7.49±0.51	-	-	10	7.50±0.7	-	-
Kwon and Chun (2009) ⁽²⁶⁾	Yes	12	M/F	8	1	60	Recreation	6	10.3	-	-	6	10.5	-	-
Han (2009) ⁽²⁷⁾	No	12	M	8	3	50	Anaerobic	6	6.1±0.7	116.02±3.1	21.54±2.46	6	6.02±0.78	113.36±3.25	20.22±2.36
Cho (2011) ⁽²⁸⁾	Yes	12	M	12	3	60	Combine	6	8.31±0.43	127.05±3.28	27.13±2.79	6	8.26±0.47	125.42±3.41	26.25±2.37
Cho and Han (2012) ⁽²⁹⁾	Yes	40	M	33	1	70	Aerobic	20	10.1±2.8	131±16.2	31±15.3	20	10.3±2.9	129±15.9	29±14.7

N : Number of participants, Min : Minutes, M : Male, F : Female, ADHD : Attention-deficit hyperactivity disorder, SD : Standard deviation

이상은 큰 효과크기라고 정의하였다. 일반적으로 효과크기를 나타내는 방법에는 표준화된 평균차(standardized mean difference), 유의성 검정(statistical significant test), 상관계수(correlation coefficient), 그리고 승산비(odds-ratio) 등이 널리 쓰이고 있다. 본 연구에서는 이들 분석 방법 중 다음과 같은 평균과 표준편차 공식을 이용하여 효과크기를 산출하였다.

$$ES_{sm} = \frac{\overline{X_e} - \overline{X_c}}{S_{pooled}}$$

$$S_{pooled} = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}$$

ES_{sm} : 표준화된 평균차의 효과크기, $\overline{X_e}$: 실험집단의 평균, $\overline{X_c}$: 통제집단의 평균

S_{pooled} : 통합표준편차, n_1 : 통제집단의 피험자수, n_2 : 실험집단의 피험자수, S_1 : 실험집단 표준편차, S_2 : 통제집단의 표준편차

결 과

ADHD 아동 주의집중력의 운동 효과크기

주의집중력에 대한 운동 효과크기를 분석한 결과는 표 2와 같다. 전체 효과크기는 0.93으로 유의하게 나타났으며, 95% 신뢰구간에 대한 값은 0.59~1.28이었다. Cohen³⁰⁾이 제시한 효과크기 해석 기준에 따르면 0.80보다 높은 수치이므로 큰 효과크기에 해당된다. 그림 2와 같이, 총 8편으로 선정된 개별연구들도 주의집중력에 대한 운동효과가 긍정적인 것으로 나타났다. 이는 표준정규분포 곡선하의 표준점수의 값과 같은 것으로 대조집단의 평균 점수를 50%로 했을 때 운동집단은 대조집단에 비해 약 32% 효과가 있음을 의미한다. 따라서 ADHD 아동의 운동참여는 주의집중력 향상에 긍정적 역할을 한다는 것을 의미한다.

한편 주의집중력과 관련된 개별연구들의 카이제곱 분포에 따른 동질성 분석결과, $\chi^2=7.62$ 로 유의수준 0.05에서 동질성을 기각하는 데 실패하였다. 즉, 개별연구에 대한 동질성이 확보되었으며, 이에 따라 고정효과모형을 적용하였다.

ADHD 아동 충동성의 운동 효과크기

충동성에 대한 운동 효과크기를 분석한 결과는 표 3과 같다. 전체 효과크기는 0.92로 주의집중력 결과와 유사하게 나타났다. 95% 신뢰구간에 대한 값은 0.32~1.52였다. Cohen³⁰⁾이 제시한 효과크기 해석 기준에 따르면 0.80보다 높은 수치이므로 주의집중력 요인과 유사한 큰 효과 크기에 해당

Table 2. ES of attention variable according to ADHD exercise intervention

Study (year)	ES	95% CI	Std. error
Lee (2011) ²³⁾	0.27	-0.87-1.40	0.58
Jung and Choi (2014) ¹¹⁾	1.24	0.46-2.03	0.40
Cho (2012) ²⁴⁾	0.42	-0.72-1.57	0.58
Shin (2009) ²⁵⁾	1.86	0.81-2.90	0.53
Kwon and Chun (2009) ²⁶⁾	1.50	0.22-2.78	0.65
Han (2009) ²⁷⁾	0.56	-0.60-1.71	0.59
Cho (2011) ²⁸⁾	0.42	-0.72-1.57	0.58
Cho and Han (2012) ²⁹⁾	0.89	0.24-1.54	0.33
Total	0.93	0.59-1.28	0.17

ES : Effect size, Std. error : Standard error, ADHD : Attention-deficit hyperactivity disorder, CI : Confidence interval

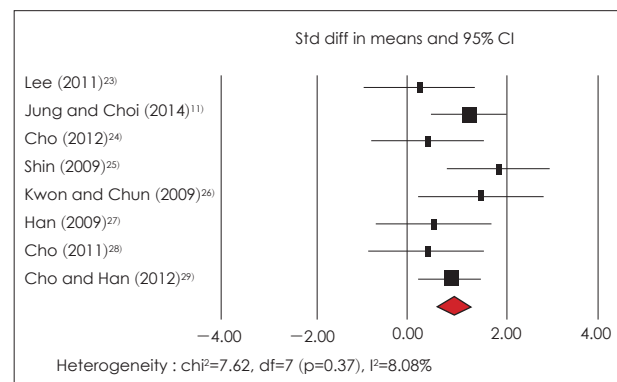


Fig. 2. Effect size of exercise on attention symptom. CI : Confidence interval.

된다. 그림 3과 같이, 총 4편으로 선정된 개별연구들도 충동성에 대한 운동효과가 긍정적인 것으로 나타났다. 이는 표준정규분포 곡선하의 표준점수의 값과 같은 것으로 대조집단의 평균 점수를 50%로 했을 때 운동집단은 대조집단에 비해 약 32% 효과가 있음을 의미한다. 따라서 ADHD 아동의 운동참여는 충동성 감소에 긍정적 역할을 한다는 것을 의미한다.

한편 개별연구들의 카이제곱 분포에 따른 동질성 분석결과, $\chi^2=1.87$ 로 유의수준 0.05에서 동질성이 기각되었다. 이에 따라 충동성과 관련된 개별연구들에서 추출된 효과크기는 서로 이질적인 것으로 나타나, 랜덤효과모형을 적용하였다.

논 의

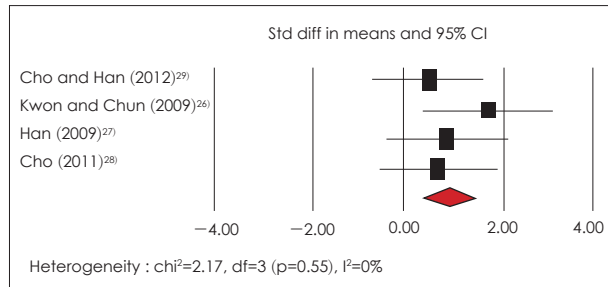
본 연구는 ADHD 아동의 주의집중력과 충동성에 대한 운동효과를 확인하고 실무적용에 대한 기초자료를 확인하기 위해 진행되었다. 대상 논문은 ADHD 개념이 재정립되었던 1995년 이후 보고된 국내 운동 실험연구, 대조군이 포함된 사전·사후 연구 그리고 통계적 수치가 정확히 제시된 연구를 중심으로 메타분석을 실시하였다. 본 연구의 결과에 대한 논의는 다음과 같다.

ADHD 아동의 ‘주의집중력’과 ‘충동성’에 대한 운동 효과

Table 3. ES of impulsivity variable according to ADHD exercise intervention

Study (year)	ES	95% CI	Std. error
Cho and Han (2012) ²⁹⁾	0.55	-0.60-1.70	0.59
Kwon and Chun (2009) ²⁶⁾	1.70	0.38-3.02	0.67
Han (2009) ²⁷⁾	0.91	-0.28-2.10	0.61
Cho (2011) ²⁸⁾	0.70	-0.46-1.87	0.59
Total	0.92	0.32-1.52	0.031

ES : Effect size, Std. error : Standard error, ADHD : Attention-deficit hyperactivity disorder, CI : Confidence interval

**Fig. 3.** Effect size of exercise on impulsivity symptom. CI : Confidence interval.

크기는 각각 0.93과 0.92로 나타나 Cohen³⁰⁾이 제시한 범주에 따라 큰 효과크기로 분석되었다. 이는 운동집단이 대조집단에 비해 약 32%의 운동효과가 있다는 것을 의미한다.

최근 ADHD 아동 및 청소년 운동효과에 대한 메타분석을 실시한 Cerrillo-Urbina 등³¹⁾에 따르면 주의집중력의 효과크기가 0.86으로 나타나 본 연구결과와 유사하게 나타난 반면, 충동성에 대한 효과크기는 0.56으로 나타나 본 연구에 비해 다소 작은 효과크기가 나타났다. 또한, 21편의 연구를 대상으로 ADHD 아동 및 청소년에 대한 운동효과를 문헌적 고찰 통해 분석한 Neudecker 등³²⁾도 주요 증상(부주의, 충동조절)에 대한 유산소 운동의 효과성을 보고하였다. 이와 달리 본 연구대상과는 차이가 있지만, ADHD와 공존질환을 가지고 있는 학습장애의 운동효과 연구에서도 주의집중력에 대한 운동효과가 긍정적인 것으로 나타났다.^{33,34)} 이처럼 ADHD 아동의 운동효과는 운동과 인지기능과의 관계를 기능성 자기 공명영상(fMRI)기법을 통해 규명한 연구결과를 지지하고 있다. 실제로, 6개월간 규칙적인 유산소 운동은 ADHD 아동의 우측전두엽(right prefrontal lobe) 영역과 우측측두엽(right temporal lobe) 영역 활성화에 순기능적 역할을 하였다.¹⁵⁾ 이는 작업 기억을 담당하는 측두엽 영역에서의 주의력 과정(attention processing)이 향상되는 것을 시사한다.

하지만, Sibley와 Etnier³⁵⁾는 일반아동을 대상으로 주의집중력, 충동성(행동억제력), 기억력, 판단력과 같은 인지기능의 운동 효과크기는 0.34로 본 연구결과와 비교해서 작은 효과크기가 나타났다. 이러한 차이는 인지기능 비측 가설(cog-

nitive reserve hypothesis)과 매우 밀접한 관련이 있다고 판단된다. 인지기능 비측 가설이란, 인지기능의 상태에 따라 운동의 효과성이 달라질 수 있다는 것을 의미한다. 즉, 평소 건강한 인지 보유 상태보다는 인지기능이 결핍된 상태에서 운동의 효과가 더 클 수 있다는 것이다.³⁶⁻³⁸⁾

최근 들어 뇌 과학의 성장으로 운동과 인지기능의 관계를 규명한 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구들은 두 요인의 관계와 관련된 기전들을 각성의 증가,^{39,40)} 혈류량의 증가,^{41,42)} 카테콜라민 시스템의 활성화,^{43,44)} 뇌유도-신경영양인자(brain-derived neurotrophic factor)의 활성화^{45,46)} 등으로 논의하였다.

ADHD 아동의 운동을 통한 주의집중력, 충동성 향상의 원인은 논의된 가설 중 혈류량 증가와 카테콜라민 시스템 활성화와 밀접한 관련이 있다. 지속적인 운동 자극은 뇌의 혈류량을 증가시키고,⁴⁷⁾ 신경전달물질의 분비를 증가시킨다.⁴⁸⁾ 특히, 신경전달물질을 분비하는 과정에서 집중력, 의욕, 각성에 영향을 미치는 노르에피네프린과 도파민, 그리고 충동, 분노 조절에 영향을 미치는 세로토닌이 증가하게 된다.⁴⁹⁾ 이는 뇌의 자극에 대한 흐름을 조정함으로써 신경전달물질의 전반적인 균형을 잡아준다는 것을 의미하며, 주의집중력과 충동 조절의 향상이라는 결과와 맥락을 같이한다.

본 연구결과를 종합해보면, ADHD 아동의 운동참여는 주의집중력과 충동성이라는 주요 증상을 향상시키는 데 효과적이며, 약물치료의 부작용을 줄이고 그 효과를 배가시킬 수 있는 효과적인 중재 수단이 될 수 있음을 시사한다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 국내논문을 중심으로 분석하여 국외 연구결과들과 비교하지 못하였다. 둘째, 본 연구의 활용된 연구는 총 8편이었고, 충동성에 대한 효과크기는 4편에 불과하였다. 이는 효과크기 산출을 위한 선정 범주를 필수적으로 제시된 연구가 소수에 불과하였기 때문이라고 판단된다. 이러한 제한점에도 불구하고 본 연구는 국내 ADHD 아동의 운동효과에 대한 메타분석을 처음으로 시도하였다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 후속 연구에서는 증상에 대한 효과뿐만 아니라, 운동 형태와 강도, 시간과 같은 일반적 특성에 대한 효과크기가 규명되어야 하며, ADHD 증상의 문제를 감소시키기 위한 구조적이고 통합적인 운동 프로그램에 대한 연구가 필요하다.

결 론

본 연구의 결과는 향후 ADHD 증상에 대한 운동효과연구의 필요성을 제안하고, 어떠한 방향으로 연구들이 수행되어야 하는지에 대한 기초자료를 제안해 줄 수 있을 것으로 기대

된다. 또한, 운동이 ADHD 아동의 주요 증상을 호전시킬 수 있는 실제적인 수단이 될 수 있음을 시사한다.

중심 단어 : 운동 · ADHD 아동 · 주의집중력 · 충동성 · 인지기능.

Acknowledgments

본 연구는 보건복지부 보건 의료 연구 개발 사업의 지원을 받아 이루어진 것임(A120013).

Conflicts of Interest

The authors have no financial conflicts of interest.

REFERENCES

- Polanczyk G, de Lima MS, Horta BL, Biederman J, Rohde LA. The worldwide prevalence of ADHD: a systematic review and metaregression analysis. *Am J Psychiatry* 2007;164:942-948.
- American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV-TR*. 4th ed. Washington, DC: American Psychiatric Association;2000.
- Health insurance review & assessment service [homepage the Internet]. [updated 2012 May 12; cited 2015 Jul 21]. Available from: http://www.hira.or.kr/dummy.do?pgmid=HIRAA020041000000&cmurl=/cms/notice/02/1211821_24959.html&subject.
- Biederman J, Monuteaux MC, Doyle AE, Seidman LJ, Wilens TE, Ferrero F, et al. Impact of executive function deficits and attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) on academic outcomes in children. *J Consult Clin Psychol* 2004;72:757-766.
- Wolraich ML, Wibbelsman CJ, Brown TE, Evans SW, Gotlieb EM, Knight JR, et al. Attention-deficit/hyperactivity disorder among adolescents: a review of the diagnosis, treatment, and clinical implications. *Pediatrics* 2005;115:1734-1746.
- Biederman J, Faraone SV. Attention-deficit hyperactivity disorder. *Lancet* 2005;366:237-248.
- Klein RG, Mannuzza S. 30-year prospective longitudinal study of ADHD. *Eur J Psychiatry* 2008;23:S382.
- Goldman LS, Genel M, Bezman RJ, Slanetz PJ. Diagnosis and treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder in children and adolescents. Council on scientific affairs, American medical association. *JAMA* 1998;279:1100-1107.
- Spencer T, Biederman J, Wilens T, Harding M, O'Donnell D, Griffin S. Pharmacotherapy of attention-deficit hyperactivity disorder across the life cycle. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1996;35:409-432.
- Graham J, Banaschewski T, Buitelaar J, Coghill D, Danckaerts M, Dittmann RW, et al. European guidelines on managing adverse effects of medication for ADHD. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2011;20:17-37.
- Jung HY, Choi JW. The effects of aerobic exercise on executive function and EEG in children with attention deficit hyperactivity disorder. *J Korean Sport Psychol* 2014;25:13-28.
- Song HJ, Choi EY, Hong YK, Yang IM. Effect of ADHD children's motor coordination on mental health. *J Korean Spec Educ & Rehabil Sci* 2010;49:241-264.
- Choi JW, Han DH, Jung HY, Kang KD. The effect participation in regular exercise on health-related fitness and creativity in children with ADHD. *J Korean Physic Educ Assoc; Girls Women* 2012;26:127-143.
- Kang KD, Choi JW, Kang SG, Han DH. Sports therapy for attention, cognitions and sociality. *Int J Sports Med* 2011;32:953-959.
- Pontifex MB, Saliba BJ, Raine LB, Picchietti DL, Hillman CH. Exercise improves behavioral, neurocognitive, and scholastic performance in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Psychiatry* 2013;162:543-551.
- Choi JW, Han DH, Kang KD, Jung HY, Renshaw PF. Aerobic exercise and attention deficit hyperactivity disorder: brain research. *Med Sci Sports Exerc* 2015;47:33-39.
- Wigal SB, Emmerson N, Gehricke JG, Galassetti P. Exercise: applications to childhood ADHD. *J Atten Disord* 2013;17:279-290.
- Tomprowski PD, Davis CL, Miller PH, Naglieri JA. Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educ Psychol Rev* 2008;20:111-131.
- Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci* 2008;9:58-65.
- Oh SS. *Meta-analysis: Theory and practice*. Seoul: Konkuk University Press;2002.
- Park EY, Shin IS. The effects of transitional education programs on adaptive behavior in students with developmental disabilities: a meta-analysis. *Disabil Employ* 2011;21:59-78.
- Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein HR. *Introduction to Meta-Analysis*. Chichester: Wiley;2009.
- Lee SK. The effects of combined exercise on physical fitness, neurotransmitter, EEG and frontal lobe executive function in children with attention deficit hyperactivity disorder(ADHD) [dissertation]. Seoul: Sookmyung Women's University;2011.
- Cho JH. The effect of exercise type on children's attention behavior with attention deficit hyperactivity disorder. *J Coach Dev* 2012;14:42-52.
- Shin JH. The effect of ball game program on the improvement of ADHD children's attention [dissertation]. Osan: Hanshin University;2009.
- Kwon SH, Chun JH. The effects of new-sports program on adjustment behaviors improvement of children with ADHD. *J Korean Learn Disabil* 2009;6:153-171.
- Han CK. The effect of body balance for the attention behavior of ADHD with children [dissertation]. Osan: Hanshin University;2009.
- Cho JH. Effect of combined exercise for 12 weeks on children's attention behavior with attention deficit hyperactivity disorder. *J Korean Life Environ Syst* 2011;18:690-698.
- Cho SB, Han CK. Effect of jump exercise program on attention, recognition strength and work load of ADHD children. *J Korean Soc Sports Sci* 2012;21:1369-1377.
- Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates;1988.
- Cerrillo-Urbina AJ, García-Hermoso A, Sánchez-López M, Pardo-Guijarro MJ, Santos Gómez JL, Martínez-Vizcaino V. The effects of physical exercise in children with attention deficit hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis of randomized control trials. *Child Care Health Dev* 2015 May 18 [Epub]. <http://dx.doi.org/10.1111/cch.12255>.
- Neudecker C, Mewes N, Reimers AK, Woll A. Exercise interventions in children and adolescents with ADHD: a systematic review. *J Atten Disord* 2015 May 11 [Epub]. <http://dx.doi.org/10.1177/1087054715584053>.
- Mun JH. The effects of aerobic exercise program on attention and basic academic skills of students with learning disabilities [dissertation]. Deagu: Deagu University;2014.
- Bluehardt MH, Wiener J, Shephard RJ. Exercise programmes in the treatment of children with learning disabilities. *Sports Med* 1995;19:55-72.
- Sibley BA, Etnier JL. The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analysis. *Pediatr Exerc Sci* 2003;15:243-256.
- Scarmeas N, Stern Y. Cognitive reserve: implications for diagnosis and prevention of Alzheimer's disease. *Curr Neurol Neurosci Rep* 2004;4:374-380.
- Scarmeas N, Zarahn E, Anderson KE, Habeck CG, Hilton J, Flynn J, et al. Association of life activities with cerebral blood flow in Alzheimer disease: implications for the cognitive reserve hypothesis. *Arch Neurol* 2003;60:359-365.

- 38) van Uffelen JG, Chin A Paw MJ, Hopman-Rock M, van Mechelen W. The effects of exercise on cognition in older adults with and without cognitive decline: a systematic review. *Clin J Sport Med* 2008;18: 486-500.
- 39) Yerkes RM, Dodson JD. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *J Comp Neurology Psychol* 1908;18:459-482.
- 40) Kahneman D. *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall;1973.
- 41) Nemet D, Oh Y, Kim HS, Hill M, Cooper DM. Effect of intense exercise on inflammatory cytokines and growth mediators in adolescent boys. *Pediatrics* 2002;110:681-689.
- 42) Lambourne K, Tomporowski P. The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain Res* 2010;1341:12-24.
- 43) Rethorst CD, Wipfli BM, Landers DM. The antidepressive effects of exercise: a meta-analysis of randomized trials. *Sports Med* 2009;39: 491-511.
- 44) Zouhal H, Jacob C, Delamarche P, Gratas-Delamarche A. Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. *Sports Med* 2008;38:401-423.
- 45) Hillman CH, Snook EM, Jerome GJ. Acute cardiovascular exercise and executive control function. *Int J Psychophysiol* 2003;48:307-314.
- 46) Cotman CW, Berchtold NC, Christie LA. Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends Neurosci* 2007;30:464-472.
- 47) Spalletta G, Pasini A, Pau F, Guido G, Menghini L, Caltagirone C. Prefrontal blood flow dysregulation in drug naive ADHD children without structural abnormalities. *J Neural Transm* 2001;108:1203-1216.
- 48) Blomstrand E, Perrett D, Parry-Billings M, Newsholme EA. Effect of sustained exercise on plasma amino acid concentrations and on 5-hydroxytryptamine metabolism in six different brain regions in the rat. *Acta Physiol Scand* 1989;136:473-481.
- 49) Ratey JJ, Hagerman E. *Spark: the revolutionary new science of exercise and the brain*. New York: Little Brown & Company;2008.