

주의력결핍 과잉행동장애 아동의 타이밍과 운동기능 및 실행기능의 상관관계

이수민*, 강제욱**, 장문영***, 김정미***

*도담통합발달센터 작업치료사

**인제대학교 부산백병원 정신건강의학과 교수

***인제대학교 보건의료융합대학 작업치료학과 교수

국문초록

목적 : 본 연구는 주의력결핍 과잉행동장애 아동(Attention Deficit Hyperactivity Disorder; ADHD)의 타이밍과 운동기능 및 실행기능의 상관관계를 알아보고자 하였다.

연구방법 : 연구 대상은 부산 지역에 거주하며, ADHD 진단을 받은 만 6~12세 아동 32명을 대상으로 하였다. 연구도구는 타이밍 기능 평가를 위해 상호작용식 메트로놈, 운동기능을 평가하기 위해 Bruininks-Oseretsky Test of motor proficiency, Second edition(BOT-2), 그리고 실행기능 평가를 위해 스트룹 아동 색상 단어 검사와 아동 색 선로 검사를 실시하였다. 타이밍과 운동기능 및 실행기능과의 상관관계를 알아보기 위해 상관분석을 사용해 분석하였다.

결과 : ADHD 아동의 타이밍과 운동기능과의 상관관계를 알아본 결과, 타이밍과 BOT-2 영역 중 미세한 손의 조절, 신체 협응에서 음의 상관관계가 있었다. BOT-2 하위 영역에서는 미세 운동 정확성, 양측 협응과 음의 상관관계가 있었다($p<.05$). ADHD 아동의 타이밍 기능과 실행기능과의 상관관계를 알아본 결과, 타이밍과 스트룹 아동 색상 단어 검사의 단어 점수와 아동 색 선로 검사의 Children's Color Trails Test(CCTT)-1 점수에서 음의 상관관계가 있었다($p<.05$).

결론 : 본 연구의 결과를 통해 타이밍과 운동 및 실행기능의 상관관계를 확인할 수 있었다. 따라서 타이밍 평가를 통해 ADHD 아동의 운동기능과 실행기능을 예측할 수 있을 것이다.

주제어 : 실행기능, 운동기능, 주의력결핍 과잉행동장애, 타이밍

I. 서론

주의력결핍 과잉행동장애(ADHD)는 12세 이전의 아동에게 부주의함, 과잉행동 및 충동성이 나타나 청소년기를 지나 성인까지 지속되는 신경학적 질환이다(American Psychiatric Association, 2013). 건강보험심사평가원

(2015)의 통계 결과에 따르면 ADHD 진단을 받은 아동의 수는 2008년 4.8만명에서 2013년에 6만명 가까이 증가했다. ADHD 아동에 대한 관심이 높아지면서 중재 방법이나 관리뿐만 아니라 아동에게 나타나는 행동 특성 또한 주목하고 있다(Jung & Kim, 2012).

현재까지 ADHD 원인에 대해서 신경학적 연구가 다수

ORCID: Lee, Soomin, <http://orcid.org/0000-0003-0572-1811>

Corresponding author: Kim, Kyeong-Mi (kmik321@gmail.com/Dept. of Occupational Therapy, College of Health and Medical Affairs, Inje University)

Received 12 April 2018; Revised version received 12 June 2018; Accepted 07 September 2018

이루어졌으며, 그 중 뇌 영역의 기능 이상에 대한 비중이 높다(Wolosin, Richardson, Hennessey, Denckla, & Mostofsky, 2009). 연구결과를 살펴보면 ADHD 아동의 전두엽-선조체 회로(fronto-striatal circuits)의 비정상적인 기능과 전전두엽의 이상으로 인한 실행기능과 억제 기능의 결함이 보고되었다(Carmona et al., 2005; Castellanos, & Proal, 2012). 기능적 자기공명영상(functional Magnetic Resonance Imaging; fMRI)으로 관찰한 연구에서는 소뇌와 바닥핵의 용적이 일반 아동에 비해 작고 비정상적인 기능을 보였다(Teicher et al., 2000). 다른 연구에서는 전전두엽, 전두엽 피질, 소뇌와 바닥핵의 손상을 보고하였다(Berquin et al., 1998). 소뇌, 바닥핵, 대뇌 피질은 타이밍과 관련된 영역으로, 특히 소뇌의 타이밍 기능은 운동 협응과 밀접한 관련이 있다(Mauk & Buonomano, 2004). ADHD에게 공통적으로 나타나는 뇌 영역들의 기능적 결함은 시간과 관련된 과제 수행에 영향을 미친다. ADHD 아동들을 대상으로 시간 과제 연구에서 시간에 대한 인식 결함은 운동 실행과 언어 기술에 영향을 미친다고 보고하였다(Smith et al., 2002). 이러한 연구 결과들을 바탕으로 ADHD 아동에게서 타이밍 기능에 결함이 있다는 결과들이 보고되었다(Houghton, Durkin, Ang, Taylor, & Brandtman, 2011; Nanda et al., 2007).

타이밍은 시간을 지각하고 반응하는 것이다. 즉 뇌에서 시간적으로 일어나는 정밀한 신경 전달을 의미하며, 다양한 뇌 영역들 간에 교신을 통해 이루어진다(Kim, Han, Kim, & Han, 2015). 그리고 일상생활 전반에서 작업을 수행하는데 기반이 된다. 예를 들어 목적에 적합하게 움직이는 것, 과제를 수행하는 것 등 다양하다(Lewis, 2006; Mauk & Buonomano, 2004; Seo, 2016). 또한 운동계획, 순서화, 주의력, 과제 수행에서도 중요하게 적용된다(Leisman & Melillo, 2010). 타이밍 기능의 결함은 ADHD의 주요 증상인 부주의함, 과잉행동, 충동성이 두드러지게 나타난다. 즉 시간에 대한 예측과 관리의 어려움으로 운동과제, 읽기 과제, 정리하기 등과 같은 학업 수행에서 어려움을 보인다(Nanda et al., 2007). 이것은 특히 ADHD 아동들의 일상생활활동과 놀이, 학습과 같은 의미있는 작업을 수행하는데 어려움을 줄 수 있다.

선행연구에 따르면 타이밍은 말하기, 움직임, 계획, 인지적 처리의 속도와 같은 운동기능과 인지 기능의 넓은

범위에 영향을 미친다고 한다. 움직임과 운동계획은 뇌의 복잡한 처리과정으로 나타난다(Cosper, Lee, Peters, & Bishop, 2009). 운동 실행은 움직임을 계획하는 능력으로, 내적 타이밍 메카니즘에 의해 중개된다(Buhusi & Meck, 2005; Lewis & Miall, 2006; Mauk & Buonomano, 2004). 또한 Teicher 등(2000)의 연구에서 ADHD 아동의 50%가 발달성 협응장애, 양측통합과 순서실행에 어려움이 있음을 보고하였다. 또한 ADHD 아동의 행동적 특성의 원인은 전두엽 영역의 문제로 인한 실행 기능의 결함과 관련되어 있다(Barkley, 1997). 실행기능(executive function)은 목표 행동이나 과제에 대해 계획을 세우고 충동을 억제하고, 주의를 기울여 자신의 행동을 조절하는 능력이다(Son, 2003). 타이밍 기능이 손상되면 예측하고 반응을 하는 운동기능과 실행 기능에도 영향을 미치게 된다. 앞으로 일어날 일에 대해 예측하여 시간을 지각하고 반응하는 것은 타이밍을 기반으로 이루어진다. 따라서 본 연구는 ADHD 아동의 타이밍과 운동기능 및 실행기능의 상관관계에 대해 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 인제대학교 생명윤리위원회의 승인을 받고 진행하였다(2-1041024-AB-N-01-20160205-HR-346). 연구대상은 부산지역에 거주하며 ADHD 진단을 받은 만 6~12세 아동들이었다. 또한 한국판 주의력결핍 과잉행동장애 평정 척도(Korean ADHD Rating Scale-IV)가 19점 이상인 아동으로 하였다. 남아 24명, 여아 8명으로 총 32명이 참여하였다. 그리고 ADHD 증상 관련 약물을 복용하는 아동을 포함하였다. 지적장애 및 자폐스펙트럼의 과거력이 있는 경우, 근골격계, 손 기능에 문제가 있는 경우와 시각과 청각에 문제가 있는 경우는 배제하였다(Table 1).

2. 연구 도구

- 1) 상호작용식 메트로놈(Interactive Metronome®; IM)

Table 1. General Characteristics of Subjects

(N=32)

Characteristics	Categories	N (%)	M ± SD
Gender	Male	24 (75.0)	
	Female	8 (25.0)	
Age (yr)	6	2 (6.3)	
	7	3 (9.4)	
	8	8 (25.0)	
	9	7 (21.9)	
	10	4 (12.5)	
	11	4 (12.5)	
	12	4 (12.5)	
Age (mo)			115.28 ± 20.15
K-ARS	Inattention	20 (62.5)	
	Hyperactivity, impulsivity	12 (37.5)	
	Total score		22.46 ± 7.90
Medication	Intake	23 (71.9)	
	Not take	9 (28.1)	

K-ARS: Korean ADHD Rating Scale

타이밍과 순서화를 평가하는 평가도구이자 타이밍 기능을 향상시키는 중재도구로 하드웨어, 소프트웨어, 손 트리거, 발 트리거 그리고 헤드셋으로 구성된다. IM의 평가는 전체형 평가(Long Form Assessment; LFA)와 단축형 평가(Short Form Assessment; SFA)로 나뉜다. 본 연구에서는 LFA를 사용하였다. LFA는 총 14가지의 운동과제이며, 손과 발을 사용한 동작으로 짜여있는 운동과제를 수행하게 된다. 헤드폰에서 들려오는 일정한 간격의 소리인 기준음(reference sound)에 따라 동시에 손 또는 발 트리거를 두드린다. 운동과제를 수행하는 동안 트리거는 기준음과 상대적인 타이밍 정보를 IM 프로그램이 설치된 컴퓨터 시스템으로 전송하고, 시스템은 받은 정보를 분석하여 트리거를 치는 정확도를 1/1000 밀리세컨드(ms) 단위로 운동과제 평점(task average)을 기록하게 된다. task average는 히트들이 기준음에 얼마나 근접하였는지를 밀리세컨드(ms) 평균치로 나타낸 것이다. 과제점수는 0에 가까울수록 정확한 반응을 의미하며, 점수의 범위는 0~280이다. 결과표에는 빠르게 반응한 비율, 늦게 반응한 비율, 그리고 운동과제 평점이 산출된다. 운동과제 평점은 14가지 과제들의 평점 총합의 평균을 말한다. LFA의 검사 재검사 신뢰도는 0.85~0.97이다(Cassily & Jacokes, 2001). 본 연

구에서는 IM의 결과 지표 중에서 task average를 사용해 상관관계분석을 실시하였다.

2) Bruininks-Oseretsky Test of motor proficiency, Second edition(BOT-2)

BOT-2는 개인의 다양한 운동기술을 측정하며, 대상 연령은 만 4~21세이다. BOT-2의 구성은 전체 운동 영역(total motor composite), 미세한 손의 조절(fine manual control), 손의 협응(manual coordination), 신체 협응(body coordination), 근력과 기민성(strength and agility)의 네가지 영역에 따라 미세 운동 정확성(fine motor precision), 미세 운동 통합(fine motor integration), 손 기민성(manual dexterity), 양측 협응(bilateral coordination), 균형(balance), 달리기 속도와 기민성(running speed and agility), 상지 협응(upper-limb coordination), 근력(strength)의 8개 하위영역으로 총 53개의 항목으로 구성된다. BOT-2 하위항목의 신뢰도는 .70~.80, 영역의 신뢰계수는 .80~.90, 그리고 전체운동영역의 신뢰도는 .90이다. 그리고 평가자간 신뢰도 계수는 .92이다(Bruininks & Bruininks, 2005). 결과지표로는 획득점수(point score), 척도점수(scale score) 그리고 표준점수(standard score)로 나타나며, 본 연구에서는 척도점

수와 표준점수를 사용하였다.

3) 스트룹 아동 색상-단어 검사(STROOP color and word test; STROOP)

5~14세 아동 및 청소년을 대상으로 읽기 유창성, 인지적 유연성, 전두엽 기능의 억제능력과 선택적 주의력과 같은 실행기능을 평가한다. 단순한 시행에서 복잡한 실행기능이 요구되는 간접 시행으로 이루어졌다(Shin & Park, 2007). 검사의 구성은 세 개의 기본과제인 단어(검은 잉크로 인쇄된 색상명 단어 읽기), 색상(X로 인쇄된 색상 읽기), 색상-단어(색상과 단어가 일치하지 않는 조건에서 단어 자극을 무시하고 색상 읽기)로 되어 있다. 점수는 연령별 규준표에 의해 점수가 산출된다. 평가에서 나오는 점수의 지표는 T점수이고, 점수가 높을수록 좋은 수행을 의미한다. T점수의 분류는 40점 이상을 정상범위, 31~39점을 경계선 점수(marginal), 그리고 30점 또는 그 이하일 경우 손상(impaired)을 의미한다. STROOP 검사의 검사-재검사 신뢰도는 .69~.85이다(Shin & Park, 2007). 본 연구에서도 T점수를 사용하였다.

4) 아동 색 선로 검사 (Children's Color Trails Test; CCTT)

5~15세 아동 및 청소년을 대상으로 전두엽 및 인지기능을 평가하는 도구이며 주의력과 실행기능 결함을 평가한다. 검사의 유형은 두 가지로 구성된다. CCTT-1은 1~15까지의 숫자를 순서대로 이어나가는 과제로 순차적 처리능력과 정신운동속도와 관련되며, CCTT-2는 1~15까지의 숫자를 순서대로 이어가는 동시에 분홍색과 노란색의 색깔도 번갈아 가며 이어가야 하는 과제로 지속적 분할 주의력과 인지적 융통성과 관련된다. 평가 결과는 각 유형마다 15까지 숫자를 잇는데 걸리는 완성 시간을 기록하여 점수를 산출하게 되는데, T점수, 표준점수, 백분위 점수가 나온다. 본 연구에서 T점수를 사용하였다. 점수의 해석은 T점수가 40점 미만을 손상 범위로 보며 손상의 기준이 세부적인 기준까지 제시되어있다. 40점 이상은 정상범위로 보며 그 이상의 점수도 세부적인 기준에 따라 분류된다. 한국판 CCTT의 검사 재검사 신뢰도는 1형에서 .50, 2형에서 .75이다(Shin & Gu,

2007).

3. 연구 과정

ADHD 아동의 타이밍 기능은 IM의 LFA로 평가하였고, 운동기능은 BOT-2를 사용하였다. 실행기능은 STROOP과 CCTT를 사용해 평가하였다. 평가 기간은 2016년 2월부터 2016년 8월까지로 평가 장소는 대학 병원의 검사실과 보건소의 프로그램실에서 시행하였다.

평가 절차는 IM-LFA, BOT-2, STROOP, CCTT 중 무작위로 뽑아 나온 평가부터 순서대로 진행하였다. 본 연구에 평가자로 참여한 사람은 작업치료사 면허가 있는 본 연구자와 작업치료사 면허를 소지한 임상경력 6년차 이상인 치료사 2명이 실시하였다. IM 교육을 받은 연구자가 3회에 걸쳐 평가자들에게 교육을 한 뒤에 평가를 실시하였다.

4. 분석 방법

본 연구의 분석은 SPSS Version 18.0 프로그램을 사용하였다. 통계학적 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다. ADHD 아동의 타이밍과 운동기능, 실행기능의 상관관계를 알아보기 위해 Spearman 상관분석을 사용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. ADHD 아동의 타이밍, 운동기능, 실행기능의 특성

ADHD 아동 32명의 타이밍 특성은 IM-LFA의 과제 평균과 빠른 반응 비율, 늦은 반응 비율로 Table 2에 제시하였다. 이른 반응의 비율이 $69.52 \pm 10.78\%$ 로 적중 반응보다 빠르게 반응하는 특성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 운동기능에서 BOT-2의 영역별 점수로 살펴보면, 미세한 손의 조절, 근력과 기민성, 신체 협응 그리고 손의 협응 순으로 높게 나타났다. 하위영역 점수에서는 양측협응, 달리기 속도와 기민성, 미세 운동 통합, 미세

운동 정확성, 근력, 손 기민성, 균형, 상지협응 순으로 높게 나타났다. 실행기능은 STROOP과 CCTT 결과로 제시하였다. STROOP의 하위영역 결과는 단어, 색상 그리고 색상-단어 순으로 높게 나타났다. CCTT 하위영역 결과는 CCTT-2, CCTT-1 순으로 높게 나타났다(Table 2).

2. ADHD 아동의 타이밍 기능과 운동기능의 상관관계

타이밍 점수는 BOT-2 영역 중 미세한 손의 조절($r=-.389$), 신체 협응($r=-.561$), 하위영역 중 미세 운동 정확성($r=-.407$), 양측 협응($r=-.620$)과 음의 상관관계가 있었다(Table 3).

3. ADHD 아동의 타이밍 기능과 실행기능의 상관관계

타이밍 점수는 STROOP의 단어 점수($r=-.658$)와 CCTT의 1형 점수($r=-.369$)와 음의 상관관계가 있었다(Table 4).

IV. 고 찰

본 연구는 ADHD 아동의 타이밍과 운동기능 및 실행기능의 상관관계를 알아보았다. 먼저 ADHD 아동의 타이밍, 운동기능, 실행기능의 특성을 살펴보면, IM 총점은

Table 2. Characteristics of ADHD Children's Timing, Motor Function, and Executive Function

Evaluation tools/categories		<i>M</i> ± <i>SD</i>
IM	LFA	165.31± 69.73
	(task average, ms)	
	Early response(%)	69.52± 10.78
	Late response(%)	30.48± 10.78
BOT-2	Total motor composite	46.75± 5.83
	Fine manual control	52.56± 7.94
	Fine motor precision	16.00± 3.65
	Fine motor integration	16.09± 4.72
	Manual coordination	40.69± 7.25
	Manual dexterity	13.09± 4.38
	Upper-limb coordination	9.28± 4.05
	Body coordination	47.97± 6.59
	Bilateral coordination	17.75± 3.21
	Balance	11.22± 3.60
	Strength and agility	51.91± 7.48
	Running speed and agility	16.81± 2.92
	Strength	14.97± 3.74
STROOP	Word	45.00± 9.24
	Color	43.58± 10.00
	Color-word	42.87± 10.44
CCTT	CCTT-1	44.50± 12.42
	CCTT-2	46.67± 11.13

BOT-2: Bruininks-Oseretsky Test of motor proficiency, Second edition, CCTT: Children's Color Trails Test, LFA: Long Form Assessment, STROOP: STROOP color and word test

165.31±69.73로 Kim, Heo, Kim과 Lee(2015)의 연구 결과와 유사하게 나타났다. 그리고 빠른 반응의 비율이 69.52±10.78%로 나타나 ADHD의 특성인 억제능력의 어려움을 가지는 것으로 볼 수 있다(Barkley, 2007).

타이밍 기능과 운동 기능의 상관관계를 살펴본 결과, 타이밍과 BOT-2 영역 중 미세한 손의 조절과 신체 협응, 그리고 하위 영역 중 미세 운동 정확성과 양측 협응에서 음의 상관관계가 있었다. Kim, Heo, Kim과 Lee(2015)의 연구에서 ADHD 아동을 대상으로 타이밍 기능과 BOT-2의 영역에서는 전체 운동 영역, 미세한 손의 조절에서 상관관계가 있었고, 하위 영역에서는 미세운동

정확성, 손 기민성, 균형에서 상관관계가 있어 본 연구와 일치하는 부분과 일치하지 않은 부분이 있었다. 이러한 결과는 두 연구의 대상자 수가 각 32명, 25명으로 표본의 크기가 적으므로 추후 대상자 수를 늘려 연구가 필요할 것으로 생각된다. 타이밍은 정확성을 요구하는 운동 과제의 결과에 영향을 미치며 부정확한 반응, 오류에 따라 영향을 받는다(Libkuman, Otani, & Steger, 2002). BOT-2의 미세한 손의 조절 영역의 하위 영역 과제들은 정확성을 요구하며 오류의 수에 따라 원점수가 산출된다. 타이밍에 대한 Rosenblum과 Regev(2013)의 연구에서 IM으로 측정한 타이밍과 쓰기 과제 수행에서 유의한

Table 3. Correlations Between IM-LFA and BOT-2 in Children With ADHD

BOT-2		LFA
Total motor composite		-.304
Fine manual control		-.389*
Fine motor precision		-.407*
Fine motor integration		-.219
Manual coordination		.201
Manual dexterity		.210
Upper-limb coordination		.060
Body coordination		-.561*
Bilateral coordination		-.620*
Balance		-.284
Strength and agility		-.190
Running speed and agility		-.004
Strength		-.222

* $p<.05$

BOT-2: Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition, IM: Interactive Metronome, LFA: Long Form Assessment

Table 4. Correlations Between IM-LFA, STROOP and CCTT in Children With ADHD

		LFA
STROOP	Word	-.658*
	Color	-.169
	Color-word	-.107
CCTT	CCTT-1	-.369*
	CCTT-2	-.222

* $p<.05$

CCTT: Children's Color Trails Test, IM: Interactive Metronome, LFA: Long Form Assessment, STROOP: STROOP color and word test

상관관계가 있었고, IM의 수행은 쓰기의 수행을 예측하는 결과가 나타났다. 이러한 결과는 타이밍과 미세한 근육의 움직임에 요하는 과제와 관련이 있음을 알 수 있다. 그리고 타이밍과 관련된 주된 뇌의 영역 중 소뇌는 운동 협응과 균형 능력에 있어 중요한 역할을 하는데, 양측 협응과 균형과 같은 신체 협응은 전반적인 운동기능과 스포츠 활동에서 중요하다. ADHD 아동은 운동기능에 어려움이 있어 대운동 기술에서 특히 양측 협응과 균형 능력에 어려움을 보인다(Dahan, Ryder, & Reiner, 2016). IM 중재를 시행한 연구들을 살펴보면, 양측 협응 및 균형 같은 신체 협응의 향상, 손 기능과 같은 운동기능에서 향상을 보였다(Bartscherer & Dole, 2005; Buonomano & Karmarkara, 2002; Shank, 2015). 이러한 연구결과들을 통해 타이밍과 신체 협응 및 양측 협응에서 관련이 있는 것을 알 수 있다.

타이밍 기능과 실행기능의 상관관계를 살펴본 결과, STROOP의 단어 점수와 CCTT의 CCTT-1 점수에서의 상관관계가 있었다. 타이밍 기능이 좋은 것은 뇌에서 정보를 처리하는 순차적 정보 처리능력이 빨라 과제를 수행하는 시간이 빠른 것을 의미한다. STROOP의 단어 읽기 검사와 CCTT-1은 과제를 수행하는데 있어 순서나 시간처리능력이 빠를수록 점수가 높게 나타난다. STROOP의 단어 검사는 제한된 시간 안에 단어를 읽어 나가는 것으로 단어를 제대로 읽은 개수에 따라 기능을 해석한다. Waber 등(2003)의 연구에서 타이밍과 읽기 능력은 밀접한 관련이 있기 때문에, 타이밍 평가로 읽기 검사의 결과를 예측할 수 있다고 하였다. 그리고 Taub, Mcgrew와 Keith(2007)의 연구에서 단어 검사가 읽기 능력을 검사할 수 있고 타이밍 훈련으로 능력이 향상되었다. Ben-Shakhar와 Sheffer(2001)의 연구에서는 정보를 처리하는 능력이 빠를수록 지능수준이 높고, 과제를 수행하는 시간이 짧게 나타났다. 또한 Breier, Fletcher, Foorman, Klaas와 Gray(2003)의 연구에서 타이밍이 읽기능력에 영향을 미친다는 연구결과를 통해 타이밍이 읽기능력과 관련성이 있음을 알 수 있다. CCTT-1은 1부터 15까지의 숫자를 순서대로 잇는데 걸리는 시간에 따라 기능을 해석한다. 따라서 시간 정보를 빠르게 처리하면 과제 수행의 시간은 단축된다. 이러한 결과를 바탕으로 실행기능은 뇌에 순차적인 정보를

저장해 필요한 순간에 발휘되는 타이밍과 관련되는 것으로 생각된다. 그러나 STROOP의 색상 읽기 검사나 색상-단어 읽기 검사는 억제기능을 포함하여 측정한다. CCTT-2는 숫자와 색을 번갈아가며 선을 이어가야하는 과제로 억제기능과 지속적 분할 주의력을 필요로 한다. 이렇게 각 실행검사마다 측정되는 기능의 특성에 따라 타이밍과의 관련성의 정도가 나타남을 알 수 있었다. 따라서 타이밍은 ADHD의 핵심증상인 억제능력을 요하는 주의력과 실행기능 항목과는 관련성이 낮았으며, 순차적 처리능력을 요하는 실행검사의 항목에서는 관련성이 양호 또는 중간정도로 나타났다. 즉 실행기능이라는 큰 범위 안에서도 순차적 처리능력과 억제능력을 나누어 볼 수 있음을 나타내는 결과라고 할 수 있을 것이다.

대부분의 ADHD 아동들은 진단적 특징 외에 억제 기능의 결함을 행동 특성으로 갖는다(Barkley, 2007). 실행기능의 구성 요소에는 계획, 목표 설정, 억제 능력, 주의력, 전환, 작업 기억 등이 있으며, 특정 과제의 수행을 위해 일어나는 일련의 행동 및 인지적 과정이다(Kwon et al., 2008). ADHD 아동의 실행기능 검사는 연구자 또는 임상가가 측정하고자 하는 목적에 따라 선택하여 사용하게 된다. ADHD 아동의 실행기능 검사 도구에는 STROOP, CCTT, 위스콘신 카드분류 검사, 하노이 탑 검사, Go-No Go 검사, Rey 복합도형 검사 등이 있으며, 각 검사마다 측정하는 실행기능의 요소가 다르다(Lee, 2008). 따라서 본 연구에서 사용한 STROOP과 CCTT만으로 ADHD 아동의 광범위한 실행기능을 평가하였다고 단정 지을 수 없기 때문에, 이와 관련된 심층적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구의 제한점 및 제안점은 다음과 같다. 먼저 연구대상자의 수가 적고 일정 지역에 거주하는 아동들을 대상으로 하였기 때문에 전체 ADHD 아동으로 일반화하는데 어려움이 있다. 다음으로 연구 진행 기간에 ADHD 관련 약물 복용 여부에 대한 고려를 하지 못하였다. 제안점은 먼저 충분한 표본의 ADHD 아동을 대상으로 한 연구가 이루어져야 하며, 약물 복용 여부로 집단을 분류하여 약물이 타이밍 기능에 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 ADHD 아동의 타이밍과 운동기능 및 실행기능의 상관관계를 알아보았다. 신경학적 연구들을 통해 밝혀진 ADHD 아동의 기능적 결함 중에서 타이밍 기능의 손상에 초점을 두고 운동 및 실행기능 간의 관계를 분석하였다. 먼저, 타이밍과 BOT-2 영역 중 미세한 손의 조절과 신체 협응 영역에서 양호에서 좋은 상관관계가 나타났다. 그리고 하위영역에서는 미세 운동 정확성과 양측협응에서 양호에서 좋은 상관관계가 나타났다. 다음으로 실행기능에서는 순차적 정보처리를 요하는 영역인 STROOP의 단어읽기 검사와 CCTT-1에서 음의 양호에서 좋은 상관관계를 보였다. 이러한 결과는 타이밍이 광범위한 실행기능 중에서도 순차적 처리능력과 상관이 있음을 의미한다. 본 연구에서는 연구대상 수가 적어 연구결과를 일반화하여 해석하는데 주의가 필요하며, 앞으로 더 많은 표본의 ADHD 아동을 대상으로 타이밍의 특성을 알아보는 연구가 필요하다. 연구의 결과는 타이밍기능의 평가를 통해 ADHD 아동의 타이밍과 관련된 운동기능과 실행기능을 예측할 수 있을 것으로 생각된다.

References

건강보험심사평가원 (2015). ADHD 연도별 환자 수 추이. retrieved from <http://www.hira.or.kr>

Ahn, D. H., & Kim, B. N. (2014). Attention deficit hyperactivity disorder. In G. E. Hong (Ed.), *Korean textbook of child psychiatry* (pp. 180-201). Seoul, Korea: Hakjisa.

American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed., text rev.). Washington, DC: Author.

Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65-94.

Barkley, R. A., & Cox, D. (2007). A review of driving risks and impairments associated with

attention-deficit/hyperactivity disorder and the effects of stimulant medication on driving performance. *Journal of Safety Research*, 38(1), 113 - 128. doi:10.1016/j.jsr.2006.09.004

Bartscherer, M. L., & Dole, R. L. (2005). Interactive Metronome® training for a 9-year-old boy with attention and motor coordination difficulties. *Physiotherapy Theory and Practice*, 21, 257-269. doi:10.1080/09593980500321085

Ben-Shakhar, G., & Sheffer, L. (2001). The relationship between the ability to divide attention and standard measures of general cognitive abilities. *Intelligence*, 29, 293-306. doi:10.1016/S0160-2896(00)00056-8

Berquin, P. C., Giedd, J. N., Jacobsen, L. K., Hamburger, S. D., Krain, A. L., Rapoport, J. L., ... Castellanos, F. X. (1998). Cerebellum in attention-deficit hyperactivity disorder: A morphometric MRI study. *Neurology*, 50, 1087 - 1093. doi:10.1212/WNL.50.4.1087

Breier, J. I., Fletcher, J. M., Foorman, B. R., Klaas, P., & Gray, L. C. (2003). Auditory temporal processing in children with specific reading disability with and without attention deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(1), 31-42. doi:10.1044/1092-4388(2003/003)

Bruininks, R. H., & Bruininks, B. D. (2002). *Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency, second edition: Manual*. Minneapolis, MN: Pearson.

Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 755-765. doi:10.1038/nrn1764

Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273-293.

- doi:10.1207/S15326942DN1903_3
- Buonomano, D. V., & Karmarkar, U. R. (2002). Book review: How do we tell time? *Neuroscientist*, 8(1), 42–51. doi:10.1177/107385840200800109
- Carmona, S., Vilarroya, O., Bielsa, A., Tremols, V., Soliva, J. C., Rovira, M., ... Bulbena, A. (2005). Global and regional gray matter reductions in ADHD: A voxel-based morphometric study. *Neuroscience Letters*, 389(2), 88–93. doi:10.1016/j.neulet.2005.07.020
- Cassily, J. F., & Jacokes, L. E. (2001, April). *The interactive metronome®: A new computer-based technology to measure and improve timing, rhythmicity, motor planning, sequencing and cognitive capabilities*. Paper present at infancy and early childhood training course, advanced clinical seminar, Arlington, Virginia.
- Castellanos, F. X., & Proal, E. (2012). Large-scale brain systems in ADHD: Beyond the prefrontal-striatal model. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(1), 17–26. doi:10.1016/j.tics.2011.11.007
- Cosper, S. M., Lee, G. P., Peters, S. B., & Bishop, E. (2009). Interactive metronome training in children with attention deficit and developmental coordination disorders. *International Journal of Rehabilitation Research*, 32, 331–336. doi:10.1097/MRR.0b013e328325a8cf
- Dahan, A., Ryder, C. H., & Reiner, M. (2016). Components of motor deficiencies in ADHD and possible interventions. *Neuroscience*, 378(15), 34–53. doi:10.1016/j.neuroscience.2016.05.040
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development*, 71(1), 44–56. doi:10.1111/1467-8624.00117
- Houghton, S., Durkin, K., Ang, R., Taylor, M. F., & Brandtman, M. (2011). Measuring temporal self-regulation in children with and without attention deficit hyperactivity disorder. *European Journal of Psychological Assessment*, 27(2), 88–94. doi:10.1027/1015-5759/a000048
- Jung, Y. S., & Kim, J. H. (2012). Teacher's perception on ADHD children: Alternative consideration in the positive psychological perspective. *Journal of Korean Teacher Education*, 29(2), 25–48.
- Kim, J. H., Han, J. K., Kim, B. N., & Han, D. H. (2015). Brain networks governing the golf swing in professional golfers. *Journal of Sports Sciences*, 33, 1980–1987. doi:10.1080/0264414.2015.1022570
- Kim, K. M., Heo, S. Y., Kim, M. S., & Lee, S. M. (2015). Validity of long form assessment in interactive Metronome® as a measure of children's praxis. *Journal Korean Academy of Sensory Integration*, 13(1), 13–22. doi:10.18064/JKASI.2015.13.1.013
- Kwon, Y. H., Ko, M. H., Ahn, S. H., Kim, Y. H., Song, J. C., Lee, C. H. ... Jang, S. H. (2008). Primary motor cortex activation by transcranial direct current stimulation in the human brain. *Neuroscience Letters*, 435(1), 56–59. doi:10.1016/j.neulet.2008.02.012
- Lazar, J. W., & Frank, Y. (1998). Frontal systems dysfunction in children with attention-deficit/hyperactivity disorder and learning disabilities. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 10(2), 160–167. doi:10.1176/jnp.10.2.160
- Lee, H. Y. (2008). *Differences in executive function and personality characteristics based on WSCT levels of children with ADHD* (Master's thesis). Kyungpook National University, Daegu.
- Lewis, P. A., & Miall, R. C. (2006). Remembering the time: A continuous clock. *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 401–406. doi:10.1016

- /j.tics.2006.07.006
- Libkuman, T. M., Otani, H., & Steger, N. (2002). Training in timing improves accuracy in golf. *Journal of General Psychology, 129*(1), 77–96. doi:10.1080/00221300209602034
- Mauk, M. D., & Buonomano, D. V. (2004). The neural basis of temporal processing. *Annual Review of Neuroscience, 27*, 307–340. doi:10.1146/annurev.neuro.27.070203.144247
- Nanda, N. J., Rommelse, N. N., Oosterlaan, J., Buitelaar, J., Faraone, S. V., & Sergeant, J. A. (2007). Time reproduction in children with ADHD and their nonaffected siblings. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 46*, 582–590. doi:10.1097/CHI.0b013e3180335af7
- Rosenblum, S., & Regev, N. (2013). Timing abilities among children with Developmental Coordination Disorders (DCD) in comparison to children with typical development. *Research in Developmental Disabilities, 34*(1), 218–227. doi:10.1016/j.ridd.2012.07.011
- Shank, T. M., & Harron, W. (2015). A retrospective outcomes study examining the effect of interactive metronome on hand function. *Journal of Hand Therapy, 28*(4), 396–402. doi:10.1016/j.jht.2015.06.003
- Shin, M. S., & Gu, H. J. (2007). *Children's color trails test*. Seoul, Korea: Hakjisa.
- Shin, M. S., & Park, M. J. (2007). *STROOP color and word test*. Seoul, Korea: Hakjisa.
- Smith, A., Taylor, E., Warner Rogers, J., Newman, S., & Rubia, K. (2002). Evidence for a pure time perception deficit in children with ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 43*, 529–542. doi:10.1111/1469-7610.00043
- Taub, G. E., Mcgrew, K. S., & Keith, T. Z. (2007). Improvements in interval time tracking and effects on reading achievement. *Psychology in the Schools, 44*, 849–863. doi:10.1002/pits.20270
- Teicher, M. H., Anderson, D. M., Polcari, A., Glod, C. A., Mass, L. C., & Renshaw, P. F. (2000). Functional deficits in basal ganglia of children with attention-deficit/hyperactivity disorder shown with functional magnetic response imaging relaxometry. *National Medicine, 6*, 470–473. doi:10.1038/74737
- Waber, D. P., Marcus, D. J., Forbes, P. W., Bellinger, D. C., Weiler, M. D., Sorensen, L. G., ... Curran, T. (2003). Motor sequence learning and reading ability: Is poor reading associated with sequencing deficits? *Journal of Experimental Child Psychology, 84*(4), 338–354. doi:10.1016/S0022-0965(03)00030-4
- Wolosin, S. M., Richardson, M. E., Hennessey, J. G., Denckla, M. B., & Mostofsky, S. H. (2009). Abnormal cerebral cortex structure in children with ADHD. *Human Brain Mapping, 30*(1), 175–184. doi:10.1002/hbm.20496

Abstract

Correlation Between Timing and Motor Function and Between Timing and Executive Function in Children With Attention Deficit Hyperactivity Disorder

Lee, Soomin*, M.S., O.T., Kang, Jewook**, Ph.D., M.D., Chang, Moon-Young***, Ph.D., O.T., Kim, Kyeong-Mi***, Ph.D., O.T.

*Dodam Developmental Center, Occupational Therapist

**Dept. of Psychiatry, Busan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Professor

***Dept. of Occupational Therapy, College of Health and Medical Affairs, Inje University, Professor

Objective: The purpose of this study was to examine the relationship between timing and motor function and between timing and executive function in children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD).

Methods: The subjects were 32 children with ADHD aged between 6 and 12. The study tool used Interactive Metronome (IM) for the timing, Bruininks-Oseretsky Test of motor proficiency, Second edition (BOT-2) for the motor functions, and STROOP color and word test and Children's Color Trails Test (CCTT) for the executive functions. A correlation analysis was conducted to analyze the relationship between timing and motor function and between timing and executive function.

Results: Examining the correlation between the timing and the motor functions of the ADHD children, there was a negative correlation between the fine manual control and the body coordination of composite in the BOT-2 ($p < .05$). And there was a negative correlation between the fine motor precision and bilateral coordination of subtest in the BOT-2. Examining the correlation between the timing and the executive functions of the ADHD children, there was a negative correlation between the word score in the STROOP color and word test ($p < .05$), and CCTT-1 in the Children's color trails test ($p < .05$).

Conclusion: The results of this study confirmed the relationship between timing and motor function and between timing and executive function. Timing evaluation can predict the motor functions and executive functions of children with ADHD.

Key words: Executive function, Motor function, Attention deficit hyperactivity disorder, Timing