

주의력결핍 과잉행동장애 아동의 타이밍에 따른 운동기능과 실행기능의 차이

이수민*, 김경미**

*도담통합발달센터 작업치료사, **인제대학교 보건의료융합대학 작업치료학과 교수

국문초록

목적 : 본 연구는 주의력결핍 과잉행동장애 아동(Attention Deficit Hyperactivity Disorder; ADHD)의 타이밍에 따른 운동기능과 실행기능의 차이를 알아보고자 하였다.

연구방법 : 연구 대상은 부산지역에 거주하며, ADHD 진단을 받은 만 6~12세 아동 32명을 대상으로 하였다. 연구도구로는 타이밍 기능 평가를 위해 상호작용식 메트로놈(Interactive Metronome; IM), 운동기능 평가를 위해 Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition(BOT-2)를 사용하였고, 실행기능 평가를 위해 스트룹 아동 색상 단어 검사와 아동 색 선로 검사를 사용하였다. 타이밍에 따른 운동기능과 실행기능의 차이를 알아보기 위해 Mann-Whitney U 검정을 실시하였다.

결과 : ADHD 아동의 타이밍에 따른 운동기능의 차이를 알아본 결과 BOT-2의 영역 중 미세한 손의 조절 영역에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 각 영역의 하위 항목에서는 미세운동 정확성에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$). ADHD 아동의 타이밍에 따른 실행기능의 차이를 알아본 결과 스트룹 아동 색상 단어 검사와 아동 색 선로 검사에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

결론 : ADHD 아동의 결함들 중에서 타이밍 기능에 따른 운동과 실행기능의 차이를 알아 볼 수 있었다. 본 연구는 추후에 진행될 ADHD 아동의 타이밍에 관한 연구를 하는데, 기초자료로 사용될 수 있다는 점에서 의미가 있다.

주제어 : 실행기능, 운동기능, 주의력결핍 과잉행동장애, 타이밍

1. 서론

주의력결핍 과잉행동장애(Attention Deficit Hyperactivity Disorder; ADHD)는 부주의함이나 산만함 또는 과잉행동과 충동성을 보이며, 아동·청소년기에서 성인까지 지속되는 신경학적 질환이다(APA, 2013). ADHD 아동은 학교와 집 등을 비롯한 다양한 환경에서 과제, 놀이 및 학습을 하는데 있어 어려움을 보인다. National Health Insurance

Service(2015)는 2013년에 ADHD 건강보험 진료 환자 약 5만 8000명에서 66%(3만 8000명)가 10대 아동임을 보고했다. 아동·청소년 ADHD 아동 수의 급증과 함께 ADHD에 대한 관심이 대두 되고 있다. 이러한 ADHD 아동의 행동 특성을 알기 위한 평가 과정은 진단과 치료에 앞서 중요하다(Ahn & Kim, 2014).

ADHD 아동에게서 나타나는 기능적 결함들에는 주요 증상인 주의산만, 과잉행동 및 충동성이 있다. 이 외에도 운동기능과 실행 기능의 결함이 있으며, 운동을 계획하는 능력,

교신저자: 김경미(kmik321@inje.ac.kr)

접수일: 2018.08.02.

|| 심사일: (1차: 2018.08.18, / 2차: 2018.08.31.)

|| 게재확정일: 2018.09.11.

순서화와 타이밍이 주의력과도 관련이 있음이 보고되었다(Barkely & Cox, 2007; Diamond, 2000). Teicher 등(2000)의 연구에 의하면, ADHD 아동의 절반 가까운 비율에서 순서실행과 양측통합에 어려움이 나타났다. 그리고 ADHD의 뇌기능 결함 영역 중 전두엽의 결함으로 인해 실행기능이 일반아동과 유의한 차이가 나타남을 많은 연구결과들을 통해 보고되었다(Lee, 2008; Lee & Son, 2003). ADHD의 원인에 대한 연구들을 살펴보면, 대부분 신경학적 연구가 이루어졌다. 그 중 뇌 영역 및 기능 이상에 대한 연구가 다수를 차지한다(Carmona et al, 2005; Castellanos & Proal, 2012; Noreika, Falter, & Rubia, 2013). ADHD 아동을 기능적 자기공명영상(fMRI)으로 촬영했을 때, 소뇌와 바닥핵의 크기가 일반 아동보다 작고 비정상적인 기능을 보였다(Teicher et al., 2000). 또한 기타 연구결과에서 전두엽 피질, 소뇌 및 바닥핵의 손상이 보고되었다(Berquin et al., 1998). 뇌 영역 중에서 소뇌, 바닥핵, 그리고 대뇌 피질은 타이밍과 관련된 영역이다(Mauk & Buomomano, 2004). 따라서 이러한 뇌 영역과 기능의 이상은 시간과 관련된 과제 수행에 영향을 미치게 된다. 시간 지각에 대한 결함은 언어, 운동, 그리고 실행기능에 영향을 미친다고 보고되었다(Smith et al., 2002). 이러한 ADHD의 원인론적인 연구결과들을 바탕으로 ADHD 아동에게서 타이밍 기능에 어려움이 있음을 보고하였다(Houghton, Durkin, Ang, Taylor, & Brandtman, 2011; Nanda et al., 2007; Van Hulst, De Zeeuw, & Durston, 2015).

타이밍은 일반적으로 시간과 관련된 정보를 처리하는 것으로 정의되며, 뇌에서 뉴런이 시간 정보를 처리하는 과정이다. 앞으로 일어날 일에 대해 시간을 지각하고 반응하는 것은 타이밍을 기반으로 이루어진다. 이러한 시간 처리는 말하는 것, 움직이는 것, 계획하는 것, 그리고 인지적 처리의 속도와 같은 인지적 기능의 넓은 범위에 영향을 미치게 된다(Rubia & Smith, 2004). 타이밍 기능의 결함은 다양한 환경에서 아동·청소년의 작업수행에 어려움을 초래한다(Fortin, Champagne, & Poirier, 2007). ADHD 아동들은 시간을 예측하고 앞으로 일어날 일에 대해 계획하고 실행에 옮기는데 어려움이 있다. 시간을 지각하고 예측하는 것, 그리고 계획하는 것 모두 타이밍이 적용된다(Wiener, Tufirkeltaub, & Coslett, 2010). 따라서 적절한 타이밍은 사회적 기능에 필수적이며, 운동계획능력, 학업수행, 그리고 주의력에도 중요한 기능을 하게 된다(Leisman & Melillo, 2010).

타이밍 평가와 함께 증재 도구로 사용되는 상호작용식 메트로놈(Interactive Metronome; IM)은 최근 국내 연구에서도 활발히 사용되고 있다. 먼저 IM의 헤드폰에서 들려오는 청각적 피드백에 따라 트리거를 치게 된다. 그리고 메트로놈 소리에 맞게 트리거를 착용한 손과 발을 움직이고, 트리거에 들어온 타이밍 정보를 컴퓨터가 분석해서 트리거를 치는 정확도를 기록한다.

IM에 관한 연구들을 살펴보면 대부분 IM증재에 대한 개별실험 연구들이 대부분이다(Kang, 2017; Namgung, Son, & Kim, 2015; Park & Kim, 2018). 이렇게 IM을 증재도구로서 사용한 연구들은 많으나, ADHD 아동의 타이밍 기능의 기초자료를 살펴볼 수 있는 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 ADHD 아동의 기능적 결함 중에서 타이밍 기능에 중점을 두어 타이밍 기능에 따라 운동 및 실행기능의 차이를 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 인제대학교 생명윤리위원회 심의결과 승인을 받았다(2-1041024-AB-N-01-20160205-HR-346). 연구 대상자 수는 32명으로 부산지역에 거주하며, ADHD 진단을 받은 만 6~12세 아동들이었다. 또한 한국판 주의력결핍 과잉행동장애 평정 척도(Korean ADHD Rating Scale-IV)가 19점 이상으로 나타난 아동들이었다. 그리고 ADHD 질환과 관련된 약물을 복용하는 아동을 포함시켰다. 지적장애나 자폐스펙트럼과 같은 진단이 있거나 손 기능이나 운동 기능에 어려움이 있는 경우, 시각과 청각에 문제가 있어 평가에 제한된 아동의 경우에는 배제하였다.

타이밍 기능 집단은 IM-LFA(Interactive Metronome-Long Form Assessment) 결과를 기준으로 한 연령 기준표에 따라 분류하였다. 타이밍 기능이 보통수준인 집단은 4명으로 남아가 2명(50.0%), 여아가 2명(50.0%)이었고, 연령은 평균 132.50 ± 40.15 개월 이었으며, 약을 복용 하고 있는 아동이 2명(50.0%), 그렇지 않은 아동이 2명(50.0%)이었다. 타이밍 기능에 어려움이 있는 집단은 28명으로 남아가 22명(78.6%), 여아가 6명(21.4%)이었고, 연령은 평균 $112.82 \pm$

19.84개월 이었으며, 약을 복용하고 있는 아동이 21명 (75.0%), 그렇지 않은 아동이 7명(25.0%)이었다(Table 1).

Table 1. Homogeneity test for general characteristics in the two groups

		Group with normal timing function (%)	Group with difficulty in timing function (%)	χ^2/U	p
Gender	Male	2 (50.0)	22 (78.6)	1,524	.254
	Female	2 (50.0)	6 (21.4)		
Age (month)		132.50±14.15	112.82±19.84	23.00	.061
K-ARS	Inattention	3 (75.0)	17 (60.7)	.305	.525
	Hyperactivity, impulsivity	1 (25.0)	11 (39.3)		
	Total score	17.25±4.57	23.21±8.18		
Medication	Intake	2 (50.0)	21 (75.0)	1,082	.557
	Not take	2 (50.0)	7 (25.0)		

*p<.05, K-ARS: Korean ADHD Rating Scale

2. 연구 도구

1) 상호작용식 메트로놈(Interactive Metronome®; IM)

타이밍과 순서화를 평가할 수 있는 평가도구로서 하드웨어, 소프트웨어, 손과 발 트리거, 헤드셋으로 구성된다. 평가 구성은 전체형 평가(Long form assessment; LFA)와 단축형 평가(Short form assessment; SFA)로 나뉜다. 본 연구에는 LFA를 사용하였다. LFA는 총 14가지의 운동과제이며, 과제를 수행하면서 헤드폰에서 들려오는 기준음에 따라 손과 발 트리거를 두드린다. 트리거는 기준음과 타이밍 정보를 IM 프로그램이 설치된 컴퓨터 시스템으로 전송하고 받은 정보를 분석해서 트리거를 치는 정확도를 1/1000초인 밀리세컨드(ms) 단위로 운동과제 평점(task average)을 기록한다. 운동과제 평점은 히트들이 기준음에 얼마나 근접하였는지를 밀리세컨드(ms) 평균치로 나타낸 것이며, 0에 가까울수록 정확한 반응을 의미한다. 결과표에는 빠르게 반응한 비율, 늦게 반응한 비율, 그리고 총점이 나온다. 총점은 14가지 과제들의 평점 총합의 평균을 말한다. 총점은 IM의 연령 기준표(IM Indicator Chart)에 따라 결과를 확인할 수 있다. 연령 기준표에 제시된 타이밍 기능은 낮은 순부터 Extreme Deficiency, Severe Deficiency, Below Average, Average, Above average, Exceptional, Superior로 나타난다. LFA의 검사 재검사 신뢰도는 0.85~0.97이다(Cassily & Jacokes, 2001).

2) 부모보고형 한국판 ADHD 평정척도(Korean-ADHD Rating Scale; K-ARS)

ARS는 ADHD 의심군 또는 ADHD 아동의 주요 증상인 주의력 결핍과 과잉행동을 측정하기 위한 평가도구이다(DuPaul, 1991). 평가항목의 내용은 DSM-IV의 진단기준에 대한 문항들로 구성되어 있다. 각 문항들은 아동의 행동의 빈도에 따라 측정되며, '전혀 그렇지 않다', '때때로 그렇다', '자주 그렇다', '매우 자주 그렇다'까지 평정된다. 그리고 총점이 높을수록 주의력 결핍 또는 과잉행동에 문제가 있음을 의미한다. 또한 19점 이상인 경우 ADHD를 의심하게 된다.

3) Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition(BOT-2)

BOT-2는 소근육에서 대근육까지의 전반적인 운동기능을 평가하며, 평가 대상연령은 만 4~21세이다. BOT-2는 전체 운동 영역(total motor composite), 4개의 영역과 8개의 하위 영역으로 구성된다. 4개의 영역으로는 미세한 손의 조절(fine manual control), 손의 협응(manual coordination), 신체 협응(body coordination), 근력과 기민성(strength and agility)으로 이루어져 있다. 8개의 하위 영역으로는 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)으로 이루어져 있다. BOT-2 전체운동영역의 신뢰도는 .90이며, 영역의 신뢰계수는 .80~.90, 그리고 하위 항목의 신뢰도는 .70~.80이다. 내적 일관성 신뢰도 계수는 .78~.97, 검사 재검사 신뢰도 계수는 .53~.95, 그리고 평가자간 신뢰도 계수는 .92이다(Bruininks & Bruininks, 2002).

4) 스트룹 아동 색상-단어 검사(Stroop Color And Word Test; STROOP)

평가 대상연령은 5~14세 아동 및 청소년으로 인지적 유연성, 읽기 유창성 그리고 반응 억제와 관련된 검사이다. 또한 전두엽 기능의 억제능력과 선택적 주의력과 같은 실행기능을 평가한다. 단순한 시행에서 복잡한 실행기능이 요구되는 간접 시행으로 이루어졌다. 따라서 불필요한 반응을 억제함으로써 주의력과 함께 반응 억제력을 알아 볼 수 있는 검사이다(Shin & Park, 2007). 검사의 구성은 3가지로 분류된다. 기본과제인 단어읽기 검사는 검은 잉크로 인쇄된 색상명을 단어로 읽는 것이고, 색상읽기 검사는 X로 인쇄된 색상 명명하는 것이다. 마지막으로 색상-단어 읽기 검사는 색상과 단어가 일치하지 않는 조건에서 단어 자극을 무시하고 색상 명명하는 것이다. 점수는 매뉴얼에 제시되어 있는 연령별 표준표에 따라 산출된다. 점수의 지표는 T점수이고, T점수가 높을수록 더 좋은 수행결과를 의미한다. 따라서 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).

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

평가 대상연령은 5~15세 아동·청소년이며, 인지기능을 평가하는 신경심리검사 도구이자 주의력 및 실행기능을 평가한다. 검사의 종류는 두 가지로 나뉜다. 먼저 CCTT-1의 경우에는 1~15까지의 자를 순차적으로 이어가는 과제이다. CCTT-2는 1~15까지의 숫자를 순차적으로 이어가며 분홍색과 노란색의 색깔도 번갈아 이어가야 하는 과제이다. 따라서 CCTT-1은 순차적 처리 능력과 정신운동속도, CCTT-2는 지속적 분할 주의력과 인지적 융통성과 관련된다. 평가에서 나오는 결과는 1~15까지 숫자를 이어가는데 걸리는 시간을 기록해서 점수를 산출하게 되며, T점수, 표준점수, 백분

위 점수가 산출된다. 결과의 해석은 T점수가 40점 미만을 손상 범위, 40점 이상은 정상범위로 보고 40점 이상의 점수도 세부적인 기준에 따라서 분류된다. 한국판 CCTT의 검사 재검사 신뢰도는 1형에서 .50이고, 2형에서 .75로 보고되었다(Shin & Gu, 2007).

3. 연구 과정

본 연구에 참여한 평가자들은 작업치료가 면허가 있는 본 연구자와 동일한 면허를 소지한 임상경력 6년차 이상인 치료사 2명이 실시하였다. 사전 교육은 IM에 대해 교육을 받은 연구자가 3회에 걸쳐 교육을 실시하였다. 1회기에는 연구의 목적과 절차에 대한 설명을 하였다. 그리고 평가도구들에 대한 목적과 매뉴얼을 숙지하고 장소에 대해 설명을 하였다. 2회기에는 각 평가도구들의 하위항목에 대한 설명을 하였다. 3회기에는 실제로 평가자들 간에 서로 피검자가 되어 실시해 보고 채점을 하여 검사자간 신뢰도를 높이기 위해 노력하였다. 연구 대상자의 모집은 부산 지역의 대학병원과 보건소를 통해 이루어졌다. 연구의 목적과 내용이 첨부된 안내문을 가지고 기관의 담당자를 만나 협조를 요청하였다. 사전에 아동의 보호자에게 연락을 취해 연구 참여에 대한 동의를 받은 후 평가 일정을 정하였다. 평가 당일 아동의 보호자에게 연구 설명문을 통해 연구의 목적과 평가내용에 대해 설명을 한 후 동의서와 ADHD 평정척도를 작성 하도록 하였다. 평가는 대학병원의 검사실과 보건소의 프로그램실에서 실시하였다. 평가 장소는 책상과 의자가 있고, 운동기능 평가를 위해 움직이기 가능한 공간으로 하였다. 또한 외부의 접촉이 없는 상태에서 연구자와 일대일로 평가를 실시하였다.

ADHD 아동에게 타이밍 기능을 평가하기 위해서 IM-LFA를 실시하였다. 운동기능을 평가하기 위해 BOT-2, 실행기능 평가를 하기 위해 STROOP, CCTT를 실시하였다. 연구기간은 2016년 2월 19일부터 2016년 8월 24일까지 이었다. 평가항목의 순서는 IM-LFA, BOT-2, STROOP, CCTT 중에서 무작위로 뽑힌 순서대로 실시하였다.

4. 분석방법

본 연구의 자료 분석은 SPSS Version 18.0 프로그램을 사용하였다. 통계학적 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다. 연구대

상자의 일반적 특성을 알아보기 위해 기술통계를 사용하였다. 집단 간 동질성 검정을 위해 카이제곱 검정과 Mann-Whitney U 검정을 사용하였다. 본 연구에서는 타이밍 기능이 평균인 집단과 타이밍 기능에 어려움이 있는 집단으로 나누어 분석하였다. 집단 분류의 기준은 IM에 제시되어 있는 IM 연령 기준표(IM Indicator Chart)에 따라 분류하였다. 따라서 본 연구에서는 Average 이상으로 결과가 나타난 '타이밍 기능이 보통수준인 집단'과 Below Average를 포함해 Severe Deficiency, Extreme Deficiency로 나타난 '타이밍 기능에 어려움이 있는 집단'으로 나누어 분석하였다. ADHD 아동의 타이밍에 따른 운동기능과 실행기능의 차이를 알아보기 위해 Mann-Whitney U-test를 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 타이밍 기능에 따른 집단 간 타이밍 기능 비교

집단 간 IM-LFA 결과에 대한 점수를 분석한 결과, 타이밍 기능이 보통수준인 집단의 과제 평균은 68.00 ± 4.97 이었고 타이밍 기능에 어려움이 있는 집단의 과제 평균은

179.21 ± 63.06 으로 집단 간 차이가 있었다. 빠르게 반응한 비율은 타이밍 기능이 보통수준인 집단은 $66.75 \pm 6.49\%$ 이었고, 타이밍 기능에 어려움이 있는 집단은 $68.60 \pm 10.61\%$ 로 집단 간 차이가 없었다. 두 집단 모두 빠르게 반응한 비율이 높았다. 늦게 반응한 비율은 타이밍 기능이 보통수준인 집단은 $33.25 \pm 6.49\%$ 이었고 타이밍 기능에 어려움이 있는 집단은 $31.40 \pm 10.66\%$ 이었다(Table 2).

2. ADHD 아동의 타이밍 기능에 따른 집단 간 운동기능의 차이

타이밍 기능에 따른 집단 간 BOT-2 영역의 점수를 비교한 결과 미세한 손의 조절 영역에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 그리고 타이밍 기능이 보통수준인 집단이 타이밍 기능에 어려움이 있는 집단 보다 전체 운동 영역, 미세한 손의 조절, 신체 협응에서 높은 점수를 보였다. 타이밍 기능에 따른 집단 간 BOT-2 운동기능의 하위 영역의 점수를 비교한 결과 미세운동 통합에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 그리고 타이밍 기능이 보통수준인 집단이 타이밍 기능에 어려움이 있는 집단 보다 미세운동 정확성, 미세운동 통합, 양측 협응, 균형에서 높은 점수를 보였다(Table 3).

Table 2. Comparison of the Interactive Metronome-Long Form Assessment in the two groups

	Group with normal timing function	Group with difficulty in timing function	U	p
	M±SD	M±SD		
LFA (Task Average)	68.00±4.97	179.21±63.06	.000*	.001
Early response(%)	66.75±6.49	68.60±10.61	43.5	.909
Late response(%)	33.25±6.49	31.40±10.66	43.5	.909

*p<.05, LFA: Long Form Assessment, M±SD: Mean±Standard Deviation

Table 3. Comparison of the Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition composite in the two groups

BOT-2	Group with normal	Group with difficulty	U	p
	timing function	in timing function		
	M±SD	M±SD		
Total motor composite	47.50±4.20	45.82±5.68	45.00	.529
Fine motor precision	19.00±3.16	15.18±3.33	22.50	.055
Fine motor integration	18.75±4.50	14.64±3.39	20.00*	.038
Fine manual control	60.00±6.98	49.71±6.60	12.00*	.012
Manual dexterity	12.25±2.63	13.14±4.55	46.50	.586
Upper-limb coordination	7.75±0.96	9.50±4.28	42.50	.439
Manual coordination	37.50±3.00	41.07±7.50	38.50	.317
Bilateral coordination	19.75±0.50	16.96±3.16	27.50	.098
Balance	11.50±1.73	10.75±3.61	40.50	.373
Body coordination	51.25±1.50	46.36±6.45	24.00	.067
Running speed and agility	14.50±4.66	17.14±2.61	27.50	.100
Strength	13.25±3.40	14.89±3.97	42.50	.440
Strength and agility	47.25±8.46	52.07±7.37	37.50	.291

*p<.05, BOT-2: Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition, M±SD: Mean±Standard Deviation

Table 4. Comparison of Stroop Color and Word Test and Children’s Color Trails Test in the two groups

	Group with normal	Group with difficulty in	U	p	
	timing function	timing function			
	M±SD	M±SD			
STROOP	Word	50.50±8.54	41.39±8.82	26.00	.077
	Color	46.75±16.09	43.79±9.75	55.50	.890
	Color-Word	46.50±10.34	42.96±10.81	45.00	.473
	Interference	51.75±23.56	51.54±8.53	42.00	.377
CCTT	CCTT-1	48.25±7.23	44.36±12.73	53.00	.782
	CCTT-2	55.75±2.87	45.89±11.19	23.50	.057
	Interference	57.75±4.92	50.96±15.10	31.00	.136

p<.05, STROOP: Stroop Color and Word test, CCTT: Children’s Color Trails Test, M±SD: Mean±Standard Deviation

3. ADHD 아동의 타이밍 기능에 따른 집단 간 실행기능의 차이

타이밍 기능이 보통수준인 집단과 타이밍 기능에 어려움이 있는 집단의 실행기능 검사의 점수를 비교하였다. 타이밍 기능이 보통수준인 집단이 타이밍 기능에 어려움이 있는 집단 보다 스트룹 아동 색상-단어 검사와 아동 색 선로 검사에

서 높은 점수를 보였으나, 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 4).

IV. 고 찰

본 연구는 ADHD 아동의 타이밍 기능에 따른 운동기능과

실행기능의 차이를 알아보았다. 대상자는 ADHD 진단을 받은 6~12세 아동을 대상으로 연구의 선정기준과 배제기준에 따라 대상자를 선정하였다. 총 32명의 대상자가 모집되었으며, 대상자의 성비 분포는 남아가 24명, 여아는 8명이었다. ADHD 유병률은 남아가 여아보다 3배 높다는 Wicks-Nelson와 Israel(2000)의 연구와 같이 본 연구에서도 남아가 여아에 비해 많았다.

본 연구에서 타이밍 측정도구로 사용한 IM은 타이밍을 평가하고 중재할 수 있는 도구로 최근에 많은 연구에서 다양한 연령 및 대상군에게 사용되고 있다(Koomar et al., 2001; Park, Park, & Park, 2018). 국내에서 지속적으로 연구가 진행 중인 IM은 주요 연령군이 아동이며(Park, Park, & Park, 2018), 특히 ADHD 진단군 아동을 대상으로 중재를 적용한 개별 실험 연구가 많았다(Kang, 2017; Namgung, Son, & Kim, 2015; Park & Kim, 2018). 이렇게 IM을 중재도구로서 사용한 연구들은 많지만, IM을 평가도구로 사용하여 타이밍을 중점으로 살펴본 연구는 부족했다. 최근 IM의 타당도 연구에서 일반아동과 ADHD 아동의 타이밍 점수를 비교했을 때, 유의한 차이가 나타났다(Kim, Heo, Kim, & Lee, 2015). 따라서 본 연구는 IM을 사용하여 ADHD 아동의 타이밍 기능 결과를 바탕으로 운동기능과 실행기능을 비교하고자 하였다.

32명의 ADHD 아동의 타이밍 기능을 IM으로 평가해 집단을 나누어 본 결과, 타이밍에 어려움이 있는 집단이 28(87.5%)명으로 타이밍 기능이 보통수준인 집단이 4(12.5%)명인 것에 비해 많은 분포를 보였다. ADHD 아동에 관한 연구들에서 ADHD 아동에게서 타이밍 기능이 낮다는 연구 결과들이 보고되었다(Houghton, Durkin, Ang, Taylor, Brandtman, 2011; Nanda et al., 2007; Van Hulst, De Zeeuw, & Durston, 2015). 본 연구 결과에서도 32명의 ADHD 아동 중 28명의 아동들에게서 타이밍 기능이 낮은 수준으로 나타났다. 이러한 결과는 ADHD 아동들에게서 나타나는 타이밍 기능의 결함을 지지하는 결과로 볼 수 있다.

타이밍 기능에 따른 집단 간 운동기능을 비교한 결과, BOT-2 영역 중 미세한 손의 조절과 하위 영역 중 미세 운동 통합의 항목들에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 즉 타이밍 기능이 좋을수록 미세한 손의 조절 영역과 미세 운동 통합 항목에서 점수가 높게 나타났으며, 이는 타이밍 기능이 좋을수록 소근육과 관련된 과제 수행의 질이 좋음을 의미한다. ADHD 아동을 대상으로 운동기능과 주의력, 충동성, 그

리고 활동의 관계에 대한 연구에서 주의력과 충동성은 소근육(fine motor)과 대근육(gross motor) 기술의 중요한 예측변수임을 보고했다(Tseng, Henderson, Chow, & Yao, 2004). 이러한 결과는 ADHD의 핵심 증상인 부주의함이나 과잉행동 및 충동성이 쓰기 또는 모방하여 그리는 것과 같은 소근육을 요하는 과제에 영향을 미친다는 것을 의미한다. 또한 Park와 Kim(2018)의 연구에서 IM 중재를 통해 타이밍 기능이 향상되면서 소근육 관련 과제 중에서 글씨쓰기 명료도와 속도에서 긍정적인 효과가 있었다(Park & Kim, 2018). 이러한 결과를 비추어보면, 타이밍 기능이 글씨쓰기 과제와 같은 미세한 손의 조절을 요하는 작업을 수행하는데 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 움직임은 시간에 따라서 근육의 모양, 형태, 기능 등이 변화되어 나타나며, 운동 과제에서 나타나는 수행은 움직임의 결과로 나타난다. 그리고 숙련된 동작은 정밀한 타이밍을 요하며, 수행의 질은 타이밍과 관련이 있다(Larue, 2005). 따라서 타이밍과 운동조절은 밀접한 관련이 있으며 운동조절은 밀리초의 범위에서 계산되어 나타나게 된다(Mauk & Buonomano, 2004).

타이밍 기능에 따른 집단 간 실행기능의 차이를 비교한 결과, STROOP과 CCTT에서 통계적으로 유의한 차이가 보이지는 않았다. 그러나 타이밍 기능이 보통수준인 집단이 모든 점수에서 타이밍 기능에 어려움이 있는 집단보다 높은 점수를 보였고 두 집단 모두 정상 범위에 속하였다. 실행기능은 아동·청소년기까지 발달하기 때문에 연령 또는 학년 수준이 올라감에 따라 기능 수준이 향상되며, 나이와 실행기능은 상관관계가 있다(Shin & Park, 2007). 따라서 상대적으로 타이밍 기능이 보통수준인 집단이 타이밍 기능에 어려움이 있는 집단보다 연령이 높은 점을 고려하면, 타이밍 기능이 보통수준인 집단이 점수가 높은 것으로 생각된다. Seo, Kim, Yeo, Byun 과 Chung(2012)의 연구에서 ADHD 아동의 실행기능을 분석한 결과, STROOP과 CCTT의 점수가 정상 범위로 나타나 본 연구의 결과와 일치하였다.

ADHD 진단을 받은 아동들의 대부분은 진단적 특징과 함께 억제 기능의 어려움을 보인다(Barkley & Cox, 2007). 광범위한 실행기능에는 주의력, 작업 기억, 억제능력, 계획 및 목표설정, 전환 등이 포함된다(Kwon et al., 2008). 그리고 ADHD 아동의 실행기능을 평가하고자 할 때 연구자가 측정하려 하는 실행기능의 목적에 따라 선택해서 사용하게 된다. 아동·청소년의 실행기능을 검사하는 도구에는 위스콘신 카드분류 검사, Rey 복합도형 검사, 하노이 탑 검사,

Go-No Go 검사, STROOP, CCTT 등이 있다. 각 실행기능 검사마다 측정하려는 실행기능의 요소가 조금씩 다르다 (Lee, 2008). 따라서 본 연구에서 실시한 STROOP과 CCTT만으로 ADHD 아동의 전반적인 실행기능을 평가하였다고 단정지을 수 없다. 따라서 이와 관련된 심층적인 연구가 필요할 것이다.

본 연구의 제한점으로는 집단 간 대상자 수의 격차가 있어 일반화하여 해석하는데 주의가 필요하다. 그러나 추후 ADHD 아동의 타이밍 기능과 관련한 연구를 하는데 있어, ADHD 아동의 기초자료로 사용될 수 있을 것이다. 따라서 향후 더 많은 ADHD 아동들을 대상으로 타이밍의 특성을 알아보는 연구가 필요하다.

V. 결론

본 연구는 ADHD 아동의 결합들 중에서 타이밍에 따른 운동기능과 실행기능의 차이를 알아보았다. 타이밍기능에 따라 운동기능에서 미세한 손의 조절과 미세운동통합에서 유의한 차이가 있었고, 타이밍기능에 따라 실행기능에서는 유의한 차이가 없었다.

본 연구는 집단 간 대상자 수의 격차가 있어 일반화하여 해석하는데 주의가 필요하다. 그러나 추후에 진행될 ADHD 아동의 타이밍에 관한 연구를 하는데, 기초자료로 사용될 수 있다는 점에서 의미가 있다. 향후 ADHD 아동의 표본의 수를 늘려 후속연구가 필요할 것이다.

참고문헌

Ahn, D. H., & Kim, B. N. (2014). Attention Deficit Hyperactivity Disorder. In G. E. Hong (Eds.), *Korean textbook of child psychiatry* (pp. 180-201). Seoul: HakJisa.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed. -Test Revision)*. Washington, DC: American Psychiatric Association.

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.

Berquin, P. C., Giedd, J. N., Jacobsen, L. K., Hamburger, S. D., Krain, A. L., Rapoport, J. L., et al. (1998). Cerebellum in attention-deficit hyperactivity disorder: A morphometric MRI study. *Neurology*, 50(4), 1087-1093.

Bruininks, R. H., & Bruininks, B. D. (2002). *Bruninks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition: Manual*. Minnesota: Pearson.

Carmona, S., Vilarroya, O., Bielsa, A., Tremols, V., Soliva, J. C., Rovira, M., et al. (2005). Global and regional gray matter reductions in ADHD: A voxel-based morphometric study. *Neuroscience Letters*, 389(2), 88-93.

Cassily, J. F., & Jacokes, L. E. (2001). *The Interactive Metronome: A new computer-based technology to measure and improve timing, rhythmicity, motor planning, sequencing and cognitive capabilities*. Paper presented at The 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2011.11.007>

Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child development*, 71(1), 44-56.

DuPaul, G. J. (1991). Parent and teacher ratings of ADHD symptoms: Psychometric properties in a community-based sample. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 20(3), 245-253.

Fortin, C., Champagne, J., & Poirier, M. (2007). Temporal order in memory and interval timing:

- An interference analysis. *Acta Psychologica*, 126(1), 18–33.
- 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.
- Kang, J. W. (2017). The effect of Interactive Metronome training on increasing attention and impulsivity control for children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Therapeutic Science for Neurorehabilitation*, 6(1), 45–54.
- 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 of Korean Academy of Sensory Integration*, 13(1), 13–22.
- Koommar, J., Burpee, J. D., DeJean, V., Frick, S., Kawar, M. J., & Fischer, D. M. (2001). Theoretical and clinical perspectives on the Interactive Metronome: A view from occupational therapy practice. *American Journal of Occupational Therapy*, 55(2), 163–166.
- Kwon, Y. H., Ko, M. H., Ahn, S. H., Kim, Y. H., Song, J. C., Lee, C. H., et al., (2008). Primary motor cortex activation by transcranial direct current stimulation in the human brain. *Neuroscience letters*, 435(1), 56–59.
- Larue, J. (2005). Initial learning of timing in combined serial movements and a no-movement situation. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 22(3), 509–530.
- Lee, H. S., & Son, Y. H. (2003). The analysis of executive function in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Emotional & Behavioral Disorders*, 19(4), 243–263.
- Lee, H. Y. (2008). *Differences in executive function and personality characteristics based on WSCT levels of children with ADHD*. Master's degree, Kyungpook National University, Daegu.
- Leisman, G., & Melillo, R. (2010). Effects of motor sequence training on attentional performance in ADHD children. *International Journal on Disability and Human Development*, 9(4), 275–282.
- Mauk, M. D., & Buonomano, D. V. (2004). The neural basis of temporal processing. *Neuroscience*, 27, 307–340.
- Namgung, Y., Son, D. I., & Kim, K. M. (2015). Effect of Interactive Metronome training on timing, attention and motor function of children with ADHD: Case report. *Journal of Korean Academy of Sensory Integration*, 13(2), 63–73. <http://dx.doi.org/10.18064/JKASI.2015.13.2.063>
- 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(5), 582–590.
- National Health Insurance Service. Health insurance policy institute statistical analysis. Retrieved May 8, 2015, from <http://www.nhis.or.kr/bbs7/boards/B0039/13958>
- Noreika, V., Falter, C. M., & Rubia, K. (2013). Timing deficits in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Evidence from neurocognitive and neuroimaging studies. *Neuropsychologia*, 51(2), 235–66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.09.036>.
- Park, E. J., Park, S. H., & Park, S. H. (2018). A systematic review of Interactive Metronome intervention: Based on OTPF-III. *Journal of Humanities and Social Science*, 21, 9(3), 265–276.
- Park, M. K., & Kim, H. (2018). Effect of Interactive Metronome training on postural control and hand writing performance of children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD):

- Single subject research. *Journal of Korean Academy of Sensory Integration*, 16(1), 14–24.
- Rubia, K., Smith, A. (2004). The neural correlates of cognitive time management: A review. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64(3), 329–340.
- Seo, J. M., Kim, H. W., Yeo, J. Y., Byun, E. H., & Chung, S. H. (2012). Executive function in attention-deficit/ hyperactivity disorder: Relationship of comprehensive attention, STROOP color-world, children's color trails, and Wisconsin card sorting tests. *Journal of Korean Neuropsychiatric Association*, 51, 59–69.
- Shin, M. S., & Gu, H. J. (2007). *Children's Color Trails Test*. Seoul: HakJisa.
- Shin, M. S., & Park, M. J. (2007). *STROOP Color And Word Test*. Seoul: 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(4), 529–542.
- 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(4), 470–473.
- Tseng, M. H., Henderson, A., Chow, S. M., & Yao, G. (2004). Relationship between motor proficiency, attention, impulse, and activity in children with ADHD. *Develpomental Medicine & Child Neurology*, 46(6), 381–388.
- Van Hulst, B. M., De Zeeuw, P., & Durston, S. (2015). Distinct neuropsychological profiles within ADHD: A latent class analysis of cognitive control, reward sensitivity and timing. *Psychological medicine*, 45(4), 735–745.
- Wicks-Nelson, R., & Israel, A. C. (2000). *Behavior disorders of childhood (4th ed)*. New Jersey: Prantice-Hall.
- Wiener, M., Turkeltaub, P., & Coslett, H. B. (2010). The image of time: A Voxel-wise meta-analysis. *Neuroimage*, 49(2), 1728–1740.

Abstract

Differences in Motor Functions and Executive Functions according to the Timing of Children With Attention Deficit Hyperactivity Disorder

Lee, Soomin^{*}, M.S., O.T., Kim, Kyeong-Mi^{**}, Ph.D. O.T.

^{*}Dodam developmental Center

^{**}Dept. of Occupational Therapy, College of Health and Medical Affairs, Inje University

Objective : The purpose of this study was to examine the differences between motor functions and executive functions according to the timing of children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD).

Methods : The subjects were 32 children with ADHD aged between 6 and 12 living Busan. To assess the timing, Long Form Assessment (LFA) of Interactive Metronome (IM) was used. Bruininks-Oseretsky of Motor Proficiency, Second Edition (BOT-2) were also used to assess motor functions. STROOP Color and Word Test and Children's Color Trails Test were used to evaluate executive functions. Mann-Whitney U tests were used to determine the differences between the executive functions and the motor functions according to the timing.

Results : Comparing the inter-group motor functions according to the timing, there was a statistically significant difference in the Fine manual control and Fine motor precision in BOT-2 ($p < .05$). Comparing the inter-group executive functions according to the timing, there was not statistically significant difference ($p > .05$).

Conclusion : Among the deficits in ADHD children, we could see the differences between motor function and executive function according to timing function. This study would be meaningful in that the results could be a basic data for study on the timing of children of ADHD in the future.

Key words : Attention Deficit Hyperactivity Disorder, executive function, motor function, timing