

아동·청소년주의력결핍/과잉행동장애 하위유형에 따른 작업기억의 비교

이소영¹⁾ · 임은지²⁾ · 박준호^{1)†} · 정한용¹⁾

Comparison of Working Memory Among the Subtypes of Child and Adolescent Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder

Soyoung Irene Lee, M.D., Ph.D.,¹⁾ Eun-Ji Lim, B.A.,²⁾ Joon-Ho Park, Ph.D.,^{1)†} Han-Yong Jung, M.D., Ph.D.¹⁾

ABSTRACT

Objectives : This study investigated the differences of working memory among the subtypes of ADHD.

Methods : Eighty-one children and adolescents with ADHD and thirty normal controls were recruited. Children with any cognitive disorders and low intelligence were excluded. In order to evaluate the verbal and visuospatial working memory, Digit span and Finger windows tasks were measured, respectively. Performances on these measures between children with ADHD and controls were compared. Further, performances among the groups of ADHD predominantly inattentive(ADHD-IA) (n=40), predominantly hyperactive-impulsive(ADHD-HI) (n= 10), and combined type(ADHD-C) (n=31), were compared.

Results : Scores of Finger windows forward task were lower in the ADHD group as compared to the control group, whereas, the Digit span forward showed no difference. Both scores of Digit span backward and Finger windows backward task were lower in the ADHD group than the controls. Children with ADHD-IA performed poorer than children with ADHD-C on the Finger windows backward task.

Conclusion : The results of this study showed that children with ADHD have deficits in spatial short-term memory and verbal and visuospatial working memory when compared to normal children. The deficits were evident in children with ADHD-IA subtype and in particular, performance on the visuospatial working memory task in this group was poorer than the ADHD-C group.

KEY WORDS : ADHD · Child and adolescent · Working memory · Digit span · Finger windows task.

¹⁾순천향대학교 의과대학 정신과학교실

Department of Psychiatry, Soonchunhyang University College of Medicine, Bucheon, Korea

²⁾가톨릭대학교 일반대학원 심리학과

Department of Psychology, The Catholic University of Korea Graduate School, Bucheon, Korea

†교신저자 : 박준호, 420-767 경기도 부천시 원미구 중동 1174

전화) (032) 621-5236, 전송) (032) 621-5018, E-mail) jjoon92@hanmail.net

서론

주의력결핍/과잉행동장애(Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, 이하 ADHD)는 전 세계적으로 학령기 아동의 약 5%에서 나타나는 흔한 질환으로¹⁾ 아동은 지속적으로 주의를 기울이지 못하고 실수를 자주 하는 등의 인지적인 특성과 함께 가만히 있지 못하며 물건을 잘 잃어버리거나 정리 정돈을 하지 못하는 등의 행동적인 특징을 나타낸다. 또한 인내력이 부족하고 성급하며 충동적인 특성을 보이기도 한다.²⁾

ADHD의 원인은 아직까지 명확하지 않으며 다양한 유전적 혹은 환경적인 요인이 관여하는 것으로 알려져 있다. 이 중 실행기능(executive function)이 기저의 결함으로 거론되고 있는데,³⁾ 일반적으로 실행기능라 함은 목표를 달성하기 위해 문제를 해결해나가는 일련의 행동을 유지해 나가는 능력을 일컫는다.⁴⁾ 실행기능의 개념은 매우 다양하고 광범위한데, ADHD의 경우 대개 4가지 요인이 관여된다고 보고되고 있으며⁵⁾ 반응억제(inhibition), 작업기억(working memory), 정보의 전환(shifting), 계획 및 조직화 능력(planning, organization)이 이에 해당된다.

이 가운데 작업기억은 짧은 기간 동안 정보를 유지하는 능력을 말하는데,⁶⁾ 특정 과제와 관련이 없는 자극으로부터 주의력이 분산되는 것을 줄이는 역할을 담당한다.⁷⁾ 따라서 작업기억은 읽기, 산수 또는 문제 해결과 같은 광범위한 과제를 수행하는데 관여한다.³⁾ 작업기억은 전두엽 영역과 소뇌와 관련이 있으며,⁸⁾ 도파민이나 노르아드레날린 체계와 같은 카테콜아민이 관련되는 것으로 알려져 있다.⁹⁾ ADHD 또한 전두엽-선조체-소뇌 회로(fronto-striatal-cerebellar circuit)의 기능부전¹⁰⁾이나 카테콜아민의 이상¹¹⁾으로 설명되고 있기 때문에 작업기억의 결손이 ADHD의 기저 결함일 것이라는 이론이 뒷받침된다.

그러나 작업기억과 ADHD와의 관련성은 아직까지 일관되게 나타나지 않고 있다. 실제로 Pennington과 Ozonoff¹²⁾는 ADHD 아동의 작업기억 결손에 대한 근거가 불충분하다고 보고 있는 반면, Martinussen 등¹³⁾은 포괄적인 메타분석에서 ADHD 아동의 작업기억 결손의 효과크기는 moderate에서 large 정도 범위에 속한다고 보고하기도 하였다. 특히, 언어적 작업기억의 경우 몇몇 연구에서 ADHD와 상관이 없다고 하였지만,²⁾¹²⁾ 다른 연구에서는 비록 효과크기는 작지만 관련성이 분명히 있다고 보고

되기도 하였다.¹³⁾ Martinussen 등¹³⁾은 ADHD 아동의 경우 언어적 작업기억보다 공간적 작업기억의 결손이 더 크다고 주장하기도 하였다.

작업기억은 처리 방식에 따라 저장(storage) 혹은 조작(manipulation)으로 구분하여 개념화하기도 한다.¹³⁾ 저장 기능과 관련된 작업기억은 시간적으로 순차적으로 제공되는 언어 혹은 공간에 대한 정보를 단기적으로 기억하는 능력을 말하고, 조작 기능과 관련된 작업기억은 저장된 정보를 통제 혹은 조작할 뿐 아니라 장기기억으로부터 인출된 정보에 대해 작용하여 계산이나 언어 혹은 읽기와 같이 더 복잡한 인지적 활동에 관여한다. Digit span¹⁴⁾은 대표적인 작업기억 검사인데, 바로 따라 외우기인 forward와 거꾸로 따라 외우기인 backward로 나뉜다. Forward는 주의집중력과 관련되고 즉각적인 기억을 측정하는 방법으로 저장 기능에 해당되며, backward는 일련의 숫자를 기억 속에 유지하는 능력을 요구할 뿐 아니라 추가적으로 숫자를 조작하는 방법으로 조작 기능과 관련이 있어서 작업기억을 보다 민감하게 반영하는 것으로 알려져 있다.¹⁵⁾

이처럼 같은 측정 방법을 사용하더라도 평가하는 신경심리학적 영역이 세부적으로 나뉘듯이 어떤 측정 도구나 연구 방법을 사용했는지에 따라 그 결과는 매우 달라질 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 ADHD 아동에서 작업기억 결손이 있는지에 대해 기존 연구 결과들이 일관되지 않게 나타나는 가장 큰 이유가 각 연구마다 사용한 연구 도구가 상이하며 작업기억을 측정하는 방식이 다르기 때문일 가능성이 높다. 가령, 작업기억을 평가하는 대표적인 검사인 Digit span의 경우, 측정 변인은 피검자가 정확하게 수행한 최대 자릿수로서 이는 작업기억의 양을 반영한다. 그런데, 이 검사에는 따라 외우는 자릿수마다 두 개의 시행을 하도록 되어 있다. 이 때문에 최대 자릿수가 동일하다고 하더라도 정확하게 수행한 최종 개수는 차이가 날 수 있으며, 최대 자릿수가 동일하지 않더라도 최종 개수는 동일할 수가 있다. 그러므로 피검자가 정확하게 수행한 최대 자릿수를 종속측정치로 채택한 기존 연구들¹⁶⁾¹⁷⁾의 이러한 방식은 각 개인의 작업기억의 양을 충실히 반영하지 않았을 수가 있다. 이에 본 연구에서는 Digit span을 실시하는 데 있어 측정 변인을 최대 자릿수가 아니라 개인이 정확하게 수행한 최종 개수를 합산하여 작업기억의 양으로 제시하고자 한다.

ADHD 아동에서 작업기억의 결손이 비일관되게 나타

나는 또 다른 이유로 지능이나 동시이환 질환의 통제 여부를 들 수 있다. 특히, 읽기 장애나 언어장애 혹은 지적 장애와 같은 질환은 작업기억과 관련성이 크기 때문에¹³⁾ 연구대상에서 포함이 되었는지 아니면 배제하였는지가 결과에 큰 영향을 미치게 된다. 이와 같은 이유로 본 연구에서는 언어 능력과 지능과 같은 인지기능이 작업기억에 미치는 영향을 최소화하기 위해 연구 대상의 선별 단계에서 인지 관련 장애를 배제하였고 또한 지능도 통제하였다.

ADHD와 같이 광범위한 질병의 경우, 그 하위유형에 따라 작업기억 그리고 이와 밀접한 관련이 있는 실행기능의 결손이 다르게 나타날 수가 있다. ADHD의 각 하위유형은 논란의 여지는 많으나, 신경심리학적⁵⁾ 혹은 신경해부학적¹⁸⁾으로 구분되는 질환으로 제시되었다. Barkley¹⁹⁾의 연구에서는 혼합형 ADHD(ADHD combined type, 이하 ADHD-C)와 과잉행동-충동성 우세형 ADHD(ADHD predominantly hyperactive-impulsive type, 이하 ADHD-HI) 아동이 전두엽 실행기능의 장애가 더 많은 것으로 나타났다. 반면 Willcutt 등⁵⁾이 ADHD의 실행기능과 관련된 연구들을 통합 분석(meta analysis)한 결과에서 과잉행동-충동성은 실행기능의 손상에 거의 영향을 미치지 않았지만 주의력결핍은 영향을 미치는 것으로 보고하여 일관되지 않은 양상을 나타내고 있다.

위의 선행연구들에서 다른 실행기능은 주로 억제(inhibition) 능력이어서 본 연구에서 다루는 작업기억과 다른 영역에 초점을 맞추고 있다. 한편 Nigg 등²⁰⁾에 따르면 부주의 우세형 ADHD(ADHD predominantly inattentive type, 이하 ADHD-IA)이 전환 및 계획능력과 같은 정신적 조절능력의 문제가 있으며 ADHD-C 유형은 행동 억제능력에 문제가 있다. 그러므로 ADHD-IA 유형은 실행기능의 억제능력보다 인지기능과 관련된 능력에 더 많은 영향을 미친다고 추론할 수 있다. 즉, 작업기억이 실행기능의 인지기능에 속하기 때문에 본 연구에서 ADHD-IA 유형의 작업기억이 가장 낮을 것이라고 예측하였다. 그리고 ADHD-HI 유형은 유병률이 낮아서 대부분의 국외 연구에서 포함되지 않았으며 국내에서는 연구된 바가 없었기 때문에 본 연구에서는 DSM-IV에 포함된 모든 유형을 연구 대상으로 하여 다른 유형들과 작업기억의 차이가 있는지 알아보았다. ADHD-HI 유형은 외현화 장애가 더 많이 나타나고, 다른 두 유형에 비해 비교적 이른 시기에 발병하며 연령이 증가하면서 ADHD-C 유형으로 변하는

양상이 있는 등²¹⁾ 임상적 특징이 유사하다. 그리고, 작업기억을 Digit span backward로 측정하여 하위유형과의 차이를 알아본 연구²²⁾에서도 ADHD-C 유형과 차이가 없는 것으로 나타났기 때문에 본 연구에서 ADHD-HI 유형과 ADHD-C 유형의 차이는 유의하지 않을 것이라고 예측하였다.

작업기억을 평가하는 도구로는 언어적 작업기억 평가 목적으로 가장 흔히 사용되고 있는 한국웍슬러아동지능검사의 하위 검사인 Digit span을 사용하였고, 공간적 작업기억 평가 목적으로 쉽게 적용이 가능한 Finger windows task²³⁾를 사용하였다.

방 법

1. 연구대상

본 연구는 2005년 10월부터 2009년 10월까지 경기도 소재 일 대학병원 소아청소년정신과 외래에 부주의, 과잉행동 또는 충동성 문제로 방문한 아동과 청소년 중에 ADHD로 진단된 아동과 정상 대조군을 대상으로 하였다. 연구 대상은 총 111명으로 ADHD 집단 81명(ADHD-IA군 40명, ADHD-HI군 10명, ADHD-C군 31명), 그리고 정상 대조군 30명이었다.

본 연구는 임상시험심사위원회의 승인을 받았고 연구 대상의 부모로부터 연구 참여에 대한 서면 동의를 획득한 후에 이루어졌다. 제외 기준은 과거 또는 현재 발달성 언어장애, 학습장애, 정신지체 및 발달장애가 있거나 특수교육을 받았던 경우, 정신증, 조울병과 같은 주요 정신장애가 있는 경우, 심한 신체적 질병을 앓거나 현재 지속적으로 복용하는 약이 있는 경우로 하였다. 또한 지능검사를 실시하여 전체 지능이 80점 이하인 경우도 제외하였다. 정신의학적 진단은 DSM-IV에 근거한 한국판 Kiddie-Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia-Present and Lifetime(이하 K-SADS-PL) Version²⁴⁾을 이용하여 소아청소년정신과 의사가 부모와 아동을 대상으로 한 상담을 통해 이루어졌으며 총 81명이 ADHD군(ADHD-IA군 40명, ADHD-HI군 10명, ADHD-C군 31명)으로 모집되었다.

정상 대조군은 ADHD군과 동일한 제외기준을 적용하였고, K-SADS-PL을 이용하여 ADHD와 주요 정신과적 장애를 배제하였다. 그리고 DSM-IV의 부주의 그리고 과잉행동/충동성 증상이 각각 9개 중 3개 이하인 경우

만을 포함시켰으며 총 30명이 모집되었다.

2. 측정도구

Digit span. 이 검사는 한국웍슬리아동지능검사(K-WISC-III)²⁵⁾의 소검사 중 언어성 검사로서 forward와 backward 두 가지 형태로 시행된다. 두 자리 숫자부터 시작하여 각 시행 단계마다 한 개의 숫자씩 늘어나도록 되어 있으며 각 시행 단계마다 두 번 시행을 하여 둘 다 틀릴 때까지 검사를 진행한다. Forward는 검사자가 불러주는 일련의 숫자들을 듣고 그 숫자들을 들은 순서대로 따라 말하도록 되어 있으며 언어적 주의집중력이 요구되는 과제이다. Backward도 동일한 방법으로 시행하되 피검자는 검사자가 불러주는 숫자를 역순으로 따라 외우며 기억력뿐만 아니라 머릿속에서 숫자들을 조작하고 재구성하는 청각적 작업기억이 요구되는 과제이다. 일반적으로 선행연구에서는 forward와 backward의 점수를 피검자가 정확하게 수행한 최대 자릿수로 측정하는데, 본 연구에서는 최대 자릿수가 아니라 성공적으로 수행한 개수를 합산하여 채점하였다.

이 검사는 비교적 간단한 검사이지만 일반적으로 언어적 주의집중력과 작업기억을 측정할 때 많이 사용해 왔고 아동부터 차매 노인에 이르기까지 다양한 연령층에서 지시를 쉽게 이해하고 수행할 수 있으며 신뢰도와 타당도가 검증²⁶⁾된 신경심리검사로 이용되고 있기 때문에 선택하였다.

Finger windows task. 이 검사는 Wide Range Assessment of Memory Learning²³⁾을 구성하는 하위검사 중 하나이다. 이 검사는 시공간적 주의집중의 유지와 조작 능력을 측정하는 검사로서 임상현장에서 사용하기 쉽고 간단하게 제작되었으며 바로 따라 외우기인 forward와 거꾸로 따라 외우기인 backward 두 가지 형태로 시행된다. 각 시행 단계 마다 한 개의 공간 자극씩 늘어나도록 되어 있는데, 시행을 연속적으로 세 번 틀릴 때까지 검사를 진행한다. 피검자는 무작위하게 구멍이 뚫려있는 검사판을 사이에 두고 검사자와 마주앉는다. 검사자가 정해진 순서에 따라 손가락으로 구멍의 위치를 지목하면 피검자는 그 순서와 동일하게(forward) 또는 역순으로(backward) 그 위치를 손가락으로 지목하도록 되어 있다. Forward는 시공간적 주의집중력이 요구되는 과제이며 backward는 시공간적 작업기억이 요구되는 과제이다. Finger windows task forward와 backward의 점수는 피검자가 정확하게 수행한 개수를 합산하여 채점하였다.

이 검사는 Digit span과 같이 forward와 backward로 나뉘어 있고 수행하는 절차와 방식이 유사하다. 만약, 언어적 작업기억과 공간적 작업기억을 측정하는 검사의 특성과 방식이 서로 상이하면 분석한 결과의 차이가 ADHD 하위유형에 따른 차이인지 아니면 검사 특성이나 수행방식의 차이에 따라서 나타나는지 명확하게 알기 어려울 수 있다. 그러므로 Digit span과 대응하여 비교하기 위하여, 그리고 신뢰도와 타당도가 검증²⁶⁾되었기 때문에 이 검사를 선택하였다.

3. 통계 방법

ADHD 하위유형과 정상 대조군 간의 성별 차이는 χ^2 -test를 실시하였으며 연령, 학년, 지능의 차이는 일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시하여 분석하였다. 본 연구에서 ADHD 집단과 정상 대조군의 연령과 학년에서 차이가 나타났기 때문에(결과 부분 참조) 학년을 공변인으로 한 일원변량분석을 실시하여 Digit span과 Finger windows task의 forward와 backward 점수의 차이를 알아보았다. 공변인을 연령이 아닌 학년으로 하여 분석한 이유는 같은 연령이라도 학교에 입학하는 시기가 달라서 학년의 차이가 나며 학교에서 같은 교육과정을 공유하는 학년이 연령보다 더 동질적이고 인지기능에 더 직접적으로 관여할 것이라고 가정하였기 때문이다. 실제로 공변인인 연령과 학년을 종속변인인 Digit span forward(연령 : $r = 0.46, p < 0.001$; 학년 : $r = 0.49, p < 0.001$) 및 backward 점수(연령 : $r = 0.59, p < 0.001$; 학년 : $r = 0.62, p < 0.001$), 그리고 Finger windows task forward(연령 : $r = 0.56, p < 0.001$; 학년 : $r = 0.58, p < 0.001$) 및 backward 점수(연령 : $r = 0.60, p < 0.001$; 학년 : $r = 0.60, p < 0.001$)와 상관분석한 결과에서도 학년이 연령보다 전반적으로 상관계수가 더 높은 것으로 나타났다. 한편, ADHD-HI군의 사례수가 10명으로 다른 군에 비해 적기 때문에 각 집단 간의 동변량성 가정이 위배될 수 있으며 ADHD-HI군의 종속변인에 대한 정규분포 가정 또한 위배될 수 있다. 그러므로, 각 종속변인에 대해서 동변량성 검증을 실시하였고 ADHD-HI군의 종속변인에 대한 정규분포 검증을 실시한 결과, 가정에 위배되지 않은 것으로 나타났다.

모든 자료의 분석은 SPSS 14.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하였으며 유의도가 $p < 0.05$ 인 경우 차이가 있는 것으로 해석하였다.

결 과

1. 인구통계학적 특성

연구 대상은 총 111명으로 ADHD 집단 81명(ADHD-IA군 40명, ADHD-HI군 10명, ADHD-C군 31명), 그리고 정상 대조군 30명이었다. 연구 대상의 특성은 표 1과 같다. ADHD 집단과 정상 대조군 간의 성별 차이는 유의하지 않았다. 집단 간 평균 연령[F(2, 98) = 6.58, $p < 0.001$]과 학년[F(2, 98) = 6.01, $p < 0.01$]의 차이는 각각 유의하였으며, 평균 연령의 경우 ADHD-HI군(7.80 ± 1.03세)이 ADHD-IA군(9.68 ± 2.52세)과 정상 대조군(10.13 ± 2.12세)에 비해 유의하게 낮았으며 ADHD-C군(8.19 ± 1.56세)도 정상 대조군에 비해 낮은 것으로 나타났다. 평균 학년의 경우 ADHD-C군(2.39 ± 1.52학년)이 ADHD-IA군(4.08 ± 2.44학년)과 정상

대조군(4.20 ± 2.30학년)에 비해 유의하게 낮았다. ADHD 하위유형과 정상 대조군 간의 전체 지능, 언어성 지능 및 동작성 지능은 차이가 없었다. 각 집단 간의 연령과 학년의 차이가 주의집중력과 작업기억에 영향을 미칠 가능성이 있기 때문에 이후 분석과정에서 연령보다 종속측정치와 상관관계가 더 높은 학년을 공변인으로 한 공변량분석을 실시하였다.

K-SADS-PL을 통해 ADHD로 진단된 81명 중에서 1가지 이상의 공존질환을 갖는 아동 및 청소년은 16명(19.8%), 2개 이상의 공존질환을 갖는 경우는 4명(4.9%)이었다. 공존질환의 분포는 틱장애 10명(12.3%), 반항성 도전장애 6명(7.4%), 특정 공포증 2명(2.5%), 품행장애 1명(1.2%), 우울장애 1명(1.2%), 게임중독 1명(1.2%), 유뇨증 1명(1.2%), 유분증 1명(1.2%), 근육운동장애 1명(1.2%) 등이었다.

Table 1. Demographic characteristics of participants

| Variables | ADHD | | | Controls (n = 30) | χ^2/F | Post hoc |
|-----------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|------------|---------------------------|
| | ADHD-IA (n = 40) | ADHD-HI (n = 10) | ADHD-C (n = 31) | | | |
| Sex(M/F) | 37/3 | 8/2 | 27/4 | 26/4 | 0.69 | |
| Mean age (SD) | 9.68(2.52) | 7.80(1.03) | 8.19(1.56) | 10.13(2.12) | 6.58** | (2) < (1), (4), (3) < (4) |
| Mean grade (SD) | 4.08(2.44) | 2.40(1.08) | 2.39(1.52) | 4.20(2.30) | 6.01* | (3) < (1), (4) |
| IQ | | | | | | |
| Total | 96.38(9.79) | 94.10(14.05) | 97.48(12.82) | 96.57(13.37) | 0.20 | |
| Verbal | 100.38(10.81) | 97.60(17.62) | 100.16(13.44) | 96.77(14.56) | 0.54 | |
| Performance | 91.93(14.54) | 91.70(12.54) | 95.03(12.54) | 97.13(11.78) | 1.11 | |

* : $p < 0.01$, ** : $p < 0.001$. One-way ANOVA for comparison of mean age, grade and IQ and Chi-test for sex proportions. SD : standard deviation, IQ: intelligence quotient, ADHD-IA : ADHD predominantly inattentive type, ADHD-HI : ADHD predominantly hyperactive-impulsive type, ADHD-C : ADHD combined type, Controls : normal control subjects

Table 2. Comparison of the Digit span and Finger windows task between participants with ADHD and normal control subjects

| Tests | ADHD | | | Controls(n = 30) | F | Post hoc |
|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------------|---------|----------------|
| | ADHD-IA (n = 40) | ADHD-HI (n = 10) | ADHD-C (n = 31) | | | |
| Digit span | | | | | | |
| Forward | 8.30(2.50) | 8.20(1.69) | 6.94(1.59) | 8.90(2.54) | 1.831 | |
| Backward | 4.78(2.20) | 4.50(1.65) | 4.39(1.59) | 6.03(2.51) | 2.918* | (1) < (4) |
| Finger windows task | | | | | | |
| Forward | 13.88(3.96) | 13.60(2.12) | 13.00(4.47) | 16.43(4.49) | 3.476* | (1) < (4) |
| Backward | 9.38(4.49) | 8.80(4.32) | 8.87(5.17) | 12.67(5.07) | 4.142** | (1) < (3), (4) |

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$. Statistics by ANCOVA (mean and SD are raw scores, not adjusted scores). ADHD-IA : ADHD predominantly inattentive type, ADHD-HI : ADHD predominantly hyperactive-impulsive type, ADHD-C : ADHD combined type, Controls : normal control subjects

2. 주의집중력

ADHD 하위유형에 따른 언어적 및 시공간적 주의집중력을 비교하기 위해 Digit span과 Finger windows task의 forward 점수를 각각 분석하였으며 표 2에 평균, 표준편차, 공변량분석 및 사후검증 결과를 수록하였다. 그 결과를 보면 Digit span forward 점수는 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았으며 Finger windows forward task 점수는 집단 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F_{(3,106)} = 3.476, p < 0.05$). 사후분석에서 Finger windows forward task 점수에서 ADHD-IA군의 수행이 정상 대조군에 비해 유의하게 낮았으며, ADHD 하위유형군 간에는 차이가 없었다.

3. 작업기억

ADHD 하위유형에 따른 언어적 및 시공간적 작업기억을 비교하기 위해 Digit span과 Finger windows task의 backward 점수를 각각 분석하였으며 표 2에 평균, 표준편차, 공변량분석 및 사후검증 결과가 수록되어 있다. Digit span [$F_{(3,106)} = 2.918, p < 0.05$]과 Finger windows task [$F_{(3,106)} = 4.142, p < 0.01$]의 backward 점수는 집단 간에 각각 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 사후분석 결과, Digit span backward의 경우 ADHD-IA군의 수행이 정상 대조군에 비해 유의하게 낮았고 ADHD 하위유형 군에 따른 차이는 없었다. Finger windows task backward의 경우 ADHD-IA군의 수행이 ADHD-C군과 정상 대조군에 비해 유의하게 낮게 나타났다.

고 찰

본 연구는 ADHD 하위유형에 따라 언어적 및 시공간적 주의집중력과 작업기억의 차이를 알아보고자 하였다. 이를 위해 하위유형 가운데 유병률이 낮아서 선행연구들에서 거의 다루어지지 않았던 과잉행동-충동성 우세형 ADHD를 포함하여 세 가지 유형과 정상 대조군의 차이를 분석하였다. 그리고 선행연구들에서는 주의집중력과 작업기억을 일반적으로 최대 자릿수로 측정하였으나 실제 능력을 민감하게 반영하지 못할 수 있기 때문에 피검자가 정확하게 수행한 개수를 합산한 점수를 측정 변인으로 사용하였다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 언어적 주의집중력은 ADHD 집단과 정상 대조군 사이에 차이가 없었

고, ADHD 하위유형 간에도 차이가 나타나지 않았다. 이 결과는 ADHD 집단은 정상 대조군과 언어적 정보를 들은 이후에 즉각적으로 회상하는 능력에 있어서는 차이가 없다는 것을 시사한다. 한편, 본 결과는 Lee 등¹⁶⁾의 연구결과와 일치하지만 Bai 등¹⁷⁾의 연구에서는 ADHD 집단이 정상 집단보다 수행이 더 낮은 것으로 나타나서 일관되지 않았다. 두 연구는 모두 본 연구와 마찬가지로 Digit span을 사용하여 언어적 주의집중력을 측정하였는데, Lee 등의 연구에서는 측정 방식이 명확하게 기술되어 있지는 않지만 평균값의 범위를 볼 때 본 연구와 동일하게 정확하게 수행한 개수를 합산한 점수를 사용한 것으로 추정되며 Bai 등의 연구에서는 기억한 최대 자릿수를 사용하여 본 연구와 측정 방식이 상이하였다. 즉, 비일관된 결과는 측정 방식의 차이에 따라서 나타났다고 볼 수 있으며 최대자릿수가 아닌 기억한 총량을 종속변인으로 했을 때 ADHD 집단과 정상 대조군 그리고 ADHD 하위유형 간에는 언어적 주의집중력의 차이가 없다고 할 수 있다.

둘째, 시공간적 주의집중력은 ADHD-IA군이 정상 대조군에 비해 수행이 낮았다. ADHD 하위유형 간에는 시공간적 주의집중력에는 차이가 없었다. 이 결과는 ADHD-IA군 아동의 주의집중력 가운데 언어적 주의집중력은 정상 아동과 차이는 없었지만, 시공간적 주의집중력의 수행이 더 낮다는 것을 시사하고 있다. 이는 ADHD-IA군이 우반구와 관련된 과제에서 결함이 나타난다는 연구¹³⁾²⁷⁾와도 일치하는 결과이다. 한편, Bai 등¹⁷⁾의 연구에서는 ADHD-C 집단이 ADHD-IA 집단과 정상 대조군보다 수행이 더 낮은 것으로 나타나서 일관되지 않았다. Bai 등의 연구는 시공간적 주의집중력을 측정하기 위하여 시공간적 검사²⁸⁾를 사용하였는데, 이 검사는 본 연구에서 사용한 Finger windows task와 수행방식이 거의 유사하지만 기억한 최대자릿수를 측정치로 사용하여 측정 방식이 동일하지 않다. 즉, 비일관된 결과는 측정 방식의 차이에 따라서 나타났다고 볼 수 있으며 최대자릿수가 아닌 기억한 총량을 종속변인으로 했을 때 ADHD 하위유형 간에는 차이가 없지만 ADHD-IA군이 정상 대조군에 비해서 수행능력이 더 낮다고 할 수 있다.

셋째, 언어적 작업기억의 경우 ADHD 하위유형에 따른 차이는 없었지만, ADHD-IA군이 정상 대조군에 비해 더 낮은 수행을 보였다. 본 연구의 가설에 따르면 ADHD-IA 유형의 작업기억이 가장 낮을 것이라고 예측하였는데, 이 유형이 다른 유형과 유의한 차이는 나타나지 않았지만

정상 대조군과 유의한 차이를 보였으며 평균치가 가장 낮았기 때문에 가설이 부분적으로 지지되었다고 할 수 있다. 또한 ADHD-HI 유형과 ADHD-C 유형은 서로 차이가 나타나지 않아서 가설이 지지되었으며 정상 대조군과도 차이가 유의하지 않았다는 점을 비추어 볼 때 두 집단은 언어적 작업기억의 손상이 일반 아동·청소년들에 비해 손상되지 않았음을 알 수 있었다. 한편, 이러한 결과는 Digit span backward가 작업기억을 더 민감하게 반영한다는 기존의 주장¹⁵⁾을 뒷받침하고 있다. 그런데 여기서 현재 우리가 사용하고 있는 지능검사에서는 Digit span forward와 backward 점수를 모두 합산하여 산출하는 방식을 사용하고 있다는 것에 주목할 필요가 있다. 본 연구에서 forward와 backward 점수를 구분해서 분석했을 때 그 결과가 다르게 나타났다. 이는 Digit span을 이용한 연구에서 forward와 backward를 합산한 점수를 측정치로 두고 분석하면 작업기억을 더 민감하게 반영하고 있는 backward 점수의 영향을 상쇄 혹은 희석시킬 가능성이 있다는 것이다. 따라서 forward와 backward 점수를 합산하지 않고 각각의 영역을 따로 측정하는 것이 ADHD 작업기억의 수준을 더 잘 살펴볼 수 있는 방법이라 하겠다.

넷째, ADHD 하위유형에 따라 시공간적 작업기억이 다르게 나타났는데, ADHD-IA군이 정상 대조군 이외에 ADHD-C군에 비해서도 더 낮은 수행을 보였다. 본 연구에서 ADHD-IA 유형의 작업기억이 가장 낮을 것이라고 예측하였는데, 정상 대조군을 포함하여 ADHD-C군과 유의한 차이를 보였으며 평균치가 가장 낮았기 때문에 가설이 지지되었다고 할 수 있다. 또한 ADHD-HI 유형과 ADHD-C 유형은 서로 차이가 나타나지 않았으나 ADHD-C 유형만이 ADHD-IA 유형과 차이가 나타나서 가설이 부분적으로 지지되었다. 부주의 우세형 ADHD군과 복합형 ADHD군 간에 시공간적 작업기억의 결손이 차이가 난다는 이러한 연구 결과는 이 두 ADHD 하위유형이 신경심리학적으로 구분되는 별개의 상태라는 것을 뒷받침하는 소견이며, 향후 보다 많은 환자들을 대상으로 재검토가 이루어져야 할 것이다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 우선 연구대상의 연령과 학년 차이가 나타났는데 특히 정상 대조군의 연령과 학년이 높게 나타났다. 선행연구들에서도 ADHD와 정상 대조군 간의 연령과 학년의 차이는 자주 나타났으며 본 연구에서도 마찬가지로 차이가 발견되었다. 특히 연령의 경우 과잉행동-충동성 유형이 가장 낮게 나타났으며 대

조군을 제외하고 부주의 우세형이 세 가지 유형 가운데 가장 높았다. 이 결과는 연령이 낮을수록 과잉행동-충동성 유형이었다가 연령이 높을수록 부주의 유형이 더 많아지는 현상과 일치하는 결과이다. 그리고, 앞에서 언급했듯이 작업기억은 연령에 따라 많은 영향을 받는 실행기능의 영역이기 때문에 두 변인은 작업기억 연구에서 매우 중요하다. 본 연구에서는 이를 통제하기 위해 연령보다 종속측정치와 상관관계가 더 많은 학년을 공변인으로 두어 공변량분석을 사용하였지만, 좀 더 질적인 분석을 위해 이후에 연령이나 학년이 비슷한 대상을 선정하여 연구해 보는 것이 필요하겠다. 그리고 비교 집단 간에는 성별 차이가 나타나지 않았지만, 집단 내에서는 여자가 남자보다 적었다. 따라서 이 연구를 통해 성별에 따라 작업기억이 차이가 있는지 알아볼 수는 없었다. 또한 본 연구에서는 작업기억을 측정하기 위해 Digit span과 Finger windows task 검사를 연구에 포함시켰는데, 이는 작업기억을 모두 포괄한다고 볼 수 없으므로 본 연구에서 사용된 검사 이외에 다양한 검사를 실시하여 작업기억을 측정할 필요가 있다. 마지막으로 본 연구에서는 인지관련 장애가 있는 아동과 지능이 낮은 아동만을 제외하였고 그 이외의 동시이환이 있는 아동들과 동시이환이 없는 아동들을 비교하지 않았는데, 왜냐하면 대상자 수가 너무 적었기 때문이었다. 하지만 동시이환의 여부는 아동의 작업기억과 같은 인지적 기능에 영향을 미칠 수 있으므로²⁹⁾ 향후 연구에서는 연구대상을 늘려 동시이환 여부를 함께 고려하여 분석하는 것이 필요할 것이다.

결론적으로, ADHD 하위유형 가운데 부주의 우세형 ADHD 아동이 정상 아동들에 비해 시공간적 주의집중력과 작업기억 전반에 걸쳐 수행이 낮다는 것을 알 수 있었다. 특히 시공간적 작업기억은 부주의 우세형 ADHD 아동이 복합형 ADHD 아동보다도 더 결손된 것으로 나타났다. 반면, 과잉행동-충동성 우세형 ADHD 아동과 복합형 ADHD 아동은 정상 아동과 비교했을 때 의미있는 차이가 없었기 때문에 이들 아동들의 인지적 결손의 정도는 그리 크지 않은 것으로 보인다. 실제로 과잉행동-충동성 우세형 ADHD가 존재하는냐에 대해 논란이 있는데, 가령 Barkley³⁰⁾는 과잉행동-충동성 우세형 ADHD 아동의 일부는 몇몇 부주의 증세가 진단 기준에 부족하여 복합형으로 분류되지 못한 경우이고, 또 다른 일부는 장차 복합형으로 발전하게 될, 일종의 복합형 ADHD의 전구체로 설명하기도 하였다. 본 연구에서 나타난 인지적 결손의 심한

정도나 결손된 인지 영역의 차이를 고려했을 때, 부주의 우세형 ADHD가 과잉행동-충동성 우세형 ADHD 및 복합형 ADHD와 신경심리학적으로 구별이 되고, 과잉행동-충동성 우세형 ADHD와 복합형 ADHD는 신경심리학적 으로 보다 유사하다는 것이 시사되고 있다. 이는 나아가 ADHD가 단일 질환이기 보다 하위유형이 존재하는 질환 이라는 점을 부분적으로 뒷받침한다고 볼 수 있다.

한편, 선행연구와 동일하거나 유사한 작업기억 검사를 실시했지만 작업기억을 측정하는 방식에 따라서 연구 결 과가 다르게 나타났다. 최대 자릿수를 측정한 연구¹⁷⁾에서 는 ADHD-C 유형이 가장 낮은 수행을 보였으나, 정확하게 수행한 총량을 측정한 본 연구에서는 ADHD-IA 유형 의 수행이 가장 낮았다. 최대 자릿수는 기억할 수 있는 폭 이 얼마나 되는지를 알아볼 수 있는 변수로써, ADHD에 대한 연구를 할 때 인지심리학적 개념인 주의집중력이나 기억 범위의 측정에는 유용하다고 볼 수 있다. 하지만 실 제 생활에서 기억하는 활동과 관련해서는 기억 범위의 정 도와 함께 얼마나 정확하게 수행을 끝마쳤는지를 측정하 는 전체 수행량을 측정하는 것이 임상적으로 더 의미가 있다고 할 수 있다. 그러므로, 이후에 작업기억을 측정하 는 연구에서 이 점을 유의하여 연구 목적에 적절한 측정 방법을 사용할 필요가 있을 것으로 보인다.

중심 단어 : 주의력결핍과잉행동장애 · 아동, 청소년 · 작업 기억 · Digit span · Finger windows task.

참고문헌

1. Polanczyk G, de Lima MS, Horta BL, Biederman J, Rohde LA. The worldwide prevalence of ADHD: a systematic review and meta-regression analysis. *Am J Psychiatry* 2007;164:942-948.
2. Barkley RA, Dupaul GJ, McMurray MB. Comprehensive evaluation of attention deficit disorder with and without hyperactivity as defined by research criteria. *J Consult Clin Psychol* 1990;58:775-789.
3. Barkley RA. Behavioral inhibition, sustained attention, and executive function: constructing a unified theory of ADHD. *Psychol Bull* 1997;121:65-94.
4. Welsh MC, Pennington BF. Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Dev Neuropsychol* 1988;4:199-230.
5. Willcutt EG, Doyle AE, Nigg JT, Faraone WV, Pennington BF. Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. *Biol Psychiatry* 2005;57:1336-1346.
6. Goldman-Rakic PS. Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. In: Plum F, Mountcastle VB, editors. *Handbook of Physiology*. Vol 7. Bethesda: American Physiological Society;1987. p.373-417.
7. de Fockert JW, Rees G, Frith CD, Lavie N. The role of working memory in visual selective attention. *Science* 2001;291:1803-1806.
8. Bunge SA, Ochsner KN, Desmond JE, Glover GH, Gabrieli JD. Prefrontal regions are involved in keeping information in and out of mind. *Brain* 2001;124:2074-2086.
9. Arnsten AFT. Dopaminergic and noradrenergic influences on cognitive functions mediated by prefrontal cortex. In: Solanto MV, Arnsten AF, Castellanos FX, editors. *Stimulant drugs and ADHD basic and clinical neuroscience*. Vol 7. New York: Oxford University Press;2000. p.185-208.
10. Durston S. A review of the biological basis of ADHD: what have we learned from imaging studies? *Ment Retard Dev Disabil Res Rev* 2003;9:184-195.
11. Biederman J, Faraone SV. Current concepts on the neurobiology of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *J Atten Disord* 2002;6 Suppl 1:S7-S16.
12. Pennington BF, Ozonoff S. Executive functions and developmental psychopathology. *J Child Psychol Psychiatry* 1996;37:51-87.
13. Martinussen R, Hayden J, Hogg-Johnson S, Tannock R. A meta-analysis of working memory impairments in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2005;44:377-384.
14. Wechsler D. Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition. San Antonio, TX: The Psychological Corporation;1991.
15. Baron IS. Neuropsychological evaluation of the child. New York: Oxford university press;2004. p.225.
16. Lee MJ, Kim GA, Kim SH, Hong CH. Inhibition, planning, and working memory in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Korean J Child & Adol Psychiatr* 2004;15:82-90.
17. Bai DS, Seo WS, Koo BH, Park KS, Jang JE. The comparison of the executive functions according to subtypes of children with ADHD. *Korean J Health Psychology* 2006;11:275-299.
18. Sun L, Jin Z, Zang YF, Zang YW, Liu G, Li Y, et al. Differences between attention-deficit disorder with and without hyperactivity: a 1H-magnetic resonance spectroscopy study. *Brain Dev* 2005;27:340-344.
19. Barkley RA. Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. In: Mash E, Barkley R, editors. *Child Psychopathology*. 2nd. New York: The Guilford Press;2002. p.75-143.
20. Nigg JT, Blaskey L, Huang-Pollock C, Rappley MD. Neuropsychological executive functions and DSM-IV ADHD subtypes. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2002;41:59-66.

21. Faraone SV, Biederman J, Weber W, Russell RL. Psychiatric, neuropsychological, and psychosocial features of DSM-IV subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder: results from a clinically referred sample. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1998;37:185-193.
22. Schachar R, Chen S, Crosbie J, Goos L, Ickowicz A, Charach A. Comparison of the predictive validity of hyperkinetic disorder and attention deficit hyperactivity disorder. *J Can Acad Child Adolesc Psychiatry* 2007;16:90-100.
23. Adams W, Sheslow D. *Wide Range Assessment of Memory and Learning*. Wilmington, DE: Jastak Associates; 1990.
24. Kaufman J, Birmaher B, Brent D, Rao U, Flynn C, Moreci P, et al. Schedule for affective disorders and schizophrenia for school-age children-present and lifetime version (K-SADS-PL): initial reliability and validity data. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1997; 36:980-988.
25. Kwak K, Park H, Kim C. *A manual for the Korean WISC-III*. Seoul: Special Education;2002.
26. Vexelman C. *Impact of working memory deficits on academic achievement in adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder*. Toronto: University of Toronto; 2009.
27. García-Sánchez A, Estévez-González E, Suárez-Romero C, Junqué C. Right hemisphere dysfunction in subjects with attention-deficit disorder with and without hyperactivity. *J Child Neurol* 1997;12:107-115.
28. Ha KS, Kwon JS, Lyoo IK, Kong SW, Lee DW, Youn T. Development and standardization process, and factor analysis of the computerized cognitive function test system for Korean adults. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 2002;41:551-562.
29. Barkley RA. *ADHD and the nature of self-control*. New York: The Guilford Press;2005. p.263.
30. Barkley RA. What may be in store for DSM-V. *The ADHD Report* 2007;15:1-7.