

주의력결핍 과잉행동장애의 실행기능 : 종합주의력검사와 스트룹검사, 아동 색선로검사, 위스콘신 카드분류검사의 관련성

울산대학교 의과대학 서울아산병원 정신건강의학교실,¹ 디딤정신과²

서종만¹ · 김효원¹ · 여진영² · 변은하² · 정석훈¹

Executive Function in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder : Relationship of Comprehensive Attention, Stroop Color-Word, Children's Color Trails, and Wisconsin Card Sorting Tests

Jong-Man Seo, MD¹, Hyo-Won Kim, MD, PhD¹, Jin-Young Yeo, MD²,
Eun-Ha Byun, MD² and Seockhoon Chung, MD, PhD¹

¹Department of Psychiatry, University of Ulsan College of Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

²Didim Psychiatric Clinic, Seoul, Korea

Objectives The objective of this study was to investigate the relationship of the Comprehensive Attention (CAT), Stroop Color-Word (STROOP), Children's Color Trails (CCTT), and Wisconsin Card Sorting Tests (WCST) in evaluating the executive function in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD).

Methods A total of 197 children and adolescents with ADHD (mean age 10.4±3.2 years, 173 boys) and 62 without ADHD (mean age 11.8±3.5 years, 48 boys) have completed the Swanson, Nolan, and Pelham-IV questionnaire (SNAP-IV), and also the CAT, STROOP, CCTT and WCST.

Results The selective, sustained, divided attention and Flanker tests of the CAT significantly discriminated between the ADHD and non-ADHD groups. The results of the CCTT were significantly correlated with the results of the CAT only in the ADHD group. The results of the STROOP were associated with selective, sustained, divided attention and Flanker tests. The results of the WCST were significantly correlated with the scores of the Working Memory subtest of the CAT only in the non-ADHD group.

Conclusion The results of this study suggest that the CAT has strong discriminant validity and moderate concurrent validity. The CAT could be a tool for the evaluation of the executive function of ADHD.

J Korean Neuropsychiatr Assoc 2012;51:59-69

KEY WORDS Attention-deficit/hyperactivity disorder · Children's Color Trails Test · Comprehensive Attention Test · Executive function · Stroop Test · Wisconsin Card Sorting Test.

Received November 1, 2011
Revised February 20, 2012
Accepted March 12, 2012

Address for correspondence
Hyo-Won Kim, MD, PhD
Department of Psychiatry,
University of Ulsan
College of Medicine,
Asan Medical Center,
88 Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu,
Seoul 136-736, Korea
Tel +82-2-3010-3414
Fax +82-2-485-8381
E-mail shingubi@amc.seoul.kr

서 론

주의력결핍 과잉행동장애(attention-deficit/hyperactivity disorder, 이하 ADHD)는 주의력결핍, 과잉행동, 충동성을 특징으로 하는 신경발달학적 질환이다. ADHD는 학령기 아동에서 가장 흔한 정신과적 질환으로 유병률은 5~8% 정도이다. ADHD는 대개 7세 이전에 발병하며 학령기 아동에서 행동문제와 학업 수행 저하를 유발하고, 장기적으로 학업적, 사회적, 정서적 기능의 손상을 가져온다.¹⁾ ADHD의 핵심적인 인지결손은 '선택적 주의력'(selective attention)과 '지속

적 주의력'(sustained attention) 등과 같은 주의집중능력에 있을 것으로 생각되어 왔으나,²⁾ 최근에는 전두엽 영역에 의해서 중개되는 실행기능의 문제가 ADHD의 병태생리에 중요한 역할을 할 가능성이 제시되어 왔다.³⁾

실행기능은 자기 자신을 통제하고 목표지향적인 행동을 달성하는데 필요한 고차원적 인지기능으로, 반응억제, 계획 능력, 조직화, 전환능력, 추론(abstract), 작업기억력 등이 포함된다.⁴⁾ 실행기능은 아동·청소년기 동안 발달하며, 아동의 인지기능, 행동, 정서 통제, 사회적 상호작용과 같은 넓은 범위의 능력을 관리하는 기능이라고 할 수 있다.⁵⁾ ADHD 아

동청소년은 작업기억력(공간적, 언어적 작업기억력), 지속적 주의력, 반응억제, 인지적 융통성, 계획 및 조직화 능력과 같은 영역에서 실행기능의 장애를 보였다.²⁾ ADHD에서 실행기능의 문제는 아동청소년과 성인 ADHD에서 모두 흔히 관찰되며, 장기적인 추적관찰연구에서도 상당한 정도의 안정성을 보이는 것으로 알려져 있다.^{6,7)} 이러한 신경심리학적 이상은 유전되고, ADHD가 없는 형제나 친척에서도 나타나며, 안정적으로 측정 가능한 특징을 지니고 있어 ADHD의 중요한 중간형질(intermediate phenotype)의 하나로 생각되고 있으며, ADHD와 유전적 다형성이나 구조적, 기능적 뇌영상과의 연관성을 평가하는 연구들에서 ADHD의 병태생리를 밝히기 위한 중요한 자료가 되어 왔다.⁸⁾ 또한 ADHD 아동청소년과 정상인에서의 실행기능의 차이에 대한 효과크기(effect size)가 0.46~0.75 정도로 실행기능의 차이가 ADHD가 있는 아동과 없는 아동을 잘 구별하는 것으로 나타났다.^{2,9)} 일부 검사는 ADHD 아동의 주의집중능력을 직접적으로 평가하여, ADHD의 진단과 치료효과를 검증하는 도구로 사용되고 있다.^{10,11)}

Attention-deficit/hyperactivity disorder 아동청소년의 신경심리학적 이상소견을 측정하기 위한 검사의 하나로 가장 흔히 사용된 것은 연속수행검사(continuous performance test, 이하 CPT)였다. 연속수행검사는 표적 자극에 대한 주의지속성, 충동성과 주의산만성을 평가하므로 주로 ADHD의 진단과 치료 효과를 평가하는데 사용되고 있다.¹²⁾ 연속수행검사에서 흔히 제시되는 변수 가운데 누락오류(omission errors)는 선택적 주의력을, 오정보오류(commission errors)는 반응억제(response inhibition)를, 반응시간 표준편차는 지속적 주의력(sustained attention)이나 각성(vigilance)을 측정하는 것으로 알려져 있다.²⁾ 그러나 이러한 연속수행검사만으로는 ADHD의 신경심리학적 이상을 포괄적으로 측정하는데에는 한계가 있기 때문에, 스트룹검사, 아동 색선로검사, 위스콘신 카드분류검사와 같이 보다 넓은 범위에서 아동청소년의 실행기능을 측정하는 검사가 함께 사용되어 왔다.

또한 최근에는 연속수행검사와 함께 억제지속주의력, 간섭선택주의력, 분할주의력, 작업기억력 등 다양한 차원의 실행기능을 함께 측정하는 종합주의력검사가 개발되어 사용되고 있다.¹³⁾ 그러나 새로 개발된 종합주의력검사로 측정된 실행기능이 기존의 스트룹검사, 아동 색선로검사, 위스콘신 카드분류검사로 측정된 실행기능과 어떤 연관성을 지니고 있는지에 대해서는 연구되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 ADHD의 실행기능을 평가하는데 있어서 유용한 것으로 알려져 있는 스트룹검사, 아동 색선로검사, 위스콘신 카드분류검사와 종합주의력검사의 상관관계를 분석하여 종합주의력

검사의 공존타당도(concurrent validity)를 평가하고자 하였다. 또한 ADHD와 ADHD외의 정신과적인 문제를 가진 아동청소년에서 종합주의력검사의 결과를 비교하고 판별분석을 시행하여 종합주의력검사의 변별타당도(discriminant validity)를 평가하고자 하였다.

방 법

대 상

2008년 8월부터 2010년 12월까지 서울 소재 한 소아정신과에서 종합주의력검사 및 스트룹검사, 아동 색선로검사, 위스콘신 카드분류검사를 시행한 5~18세 아동청소년 가운데, 정신지체, 전반적 발달장애, 틱장애, 학습장애, 조현병, 양극성 장애, 신경과적 장애가 있거나 검사 3개월 이내에 정신과 약물을 투여한 적이 있는 경우를 제외한 259명이 본 연구에 참여하였다. ADHD를 비롯한 정신과적 진단은 소아청소년 정신과 전문의에 의해서 Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 4th Edition 기준에 따라 이루어졌다. 본 연구는 병원 내 윤리위원회(Institutional Review Board)의 승인을 얻어 시행되었음을 밝혀둔다.

평가도구

Swanson, Nolan, and Pelham-IV(이하 SNAP-IV)

Swanson 등¹⁴⁾이 개발한 SNAP을 DSM-IV의 진단 기준에 의거하여 재구성한 평가척도로 DSM-IV의 ADHD의 두 아형, 즉 주의력결핍 아형과 과잉행동/충동성 아형에 각각 해당하는 9개의 문항으로 구성되어 총 18문항으로 이루어져 있다. 각 문항은 “전혀 그렇지 않다”(0점), “약간 그렇다”(1점), “어느 정도 그렇다”(2점), “아주 많이 그렇다”(3점) 중 하나로 점수화된다. 한국어판은 Seo 등¹⁵⁾에 의해 표준화되었으며 신뢰도와 타당도가 보고되어 있다.

종합주의력검사(Comprehensive Attention Test, 이하 CAT)

종합주의력검사는 주의력에 대한 평가를 위해 사용되는 컴퓨터화된 CPT의 일종으로 주의집중 및 충동조절 능력을 정량적으로 측정할 수 있는 도구이며 Yoo 등¹³⁾에 의해 개발 및 표준화가 이루어졌다.

종합주의력검사는 단순선택주의력(시각), 단순선택주의력(청각), 억제지속 주의력, 간섭선택주의력, 분할주의력, 작업기억력의 6가지 소검사로 구성되어 있으며 아동의 연령에 따라 적합한 2~6가지 검사가 시행된다. 각각의 소검사에 대해서 누락오류(omission errors), 오정보오류(commission

errors), 반응시간 평균(mean reaction time), 반응시간 표준 편차(standard deviation of reaction time ; response time variability) 등의 4가지 지표가 산출된다.

위스콘신 카드분류검사(Wisconsin Card Sorting Test, 이하 WCST)

Wisconsin Card Sorting Test는 실행기능을 평가하는 대표적인 신경심리검사로 추상적인 개념을 형성하고 범주화하는 능력, 문제를 해결하거나 추리하는 능력, 계획력과 조직화 능력, 인지적 융통성을 측정하는 검사이다.¹⁶⁾ 본 연구에서는 Heaton¹⁷⁾이 Computer version-2로 개발한 WCST를 사용하였으며, 자극카드는 색깔(빨강, 파랑, 노랑, 녹색), 모양(십자가, 원, 삼각형, 별), 숫자(1~4개)의 3가지 특성으로 되어 있다. 총 128회 시행되며 측정치들은 컴퓨터로 자동 채점된다. 본 연구에서는 WCST 측정치들 중 전체 오류 수(%ile), 보속오류 수(%ile), 비보속오류 수(%ile), 완성한 범주 수, 첫 번째 범주획득을 위한 시도 수, 범주 유지 실패 점수를 분석시 사용하였다.

아동 색선로검사(Children's Color Trails Test, 이하 CCTT)

Shin과 Koo¹⁸⁾가 문화 및 언어의 영향을 최소화하기 위해 선로잇기검사(Trail Making Test)를 수정 및 보완하여 개발한 한국판 CCTT를 표준화한 것을 사용하였다. 이 검사는 CCTT1과 CCTT2로 구성되어 있는데, CCTT1은 단순히 숫자를 순서대로 이어가면 되는 과제이며, CCTT2는 숫자를 순서대로 연결하는 동시에 색깔도 번갈아 가면서 연결해야 하는 과제이다. CCTT1은 정신운동속도와 순차적 처리 능력이며, CCTT2는 이에 더해 인지적 융통성 및 지속적 분할주의력과 관련이 있다.

스트룹 아동 색상-단어 검사 Stroop Color And Word Test, 이하 STROOP)

억제 과정의 효율성을 평가하기 위해서 Shin과 Park¹⁹⁾이 한국판 아동용 스트룹 색상-단어 검사를 표준화한 것을 사용하였다. 이 검사는 단어 읽기(단어 점수), 색상 명명하기(색상점수), 읽기 반응 억제하고 색상 이름 말하기(색상단어 점수) 순으로 진행된다.

자료분석

두 집단 간의 임상변수 중 범주형 변수의 비교에는 χ^2 test를 사용하였으며, 연속 변수의 비교에는 t-test를 사용하였다. 종합주의력검사 및 스트룹검사, 아동색선로검사, 위스콘신 카드분류검사의 소척도가 ADHD와 ADHD가 아닌 아동

청소년을 판별하는 능력을 receiver operating characteristic (이하 ROC) 분석을 통해서 평가하였다. 각 척도의 area under the curve 및 95% 신뢰구간이 모두 0.5 이상일 때, 통계적으로 의미 있는 수준으로 판별해내는 것으로 보았다. ADHD 아동청소년과 ADHD가 아닌 아동청소년 각각에서 종합주의력검사 및 스트룹검사, 아동색선로검사, 위스콘신 카드분류검사의 소척도의 상관관계를 연령 및 성별을 보정한 편상관분석(partial correlation analysis)으로 분석하였다. 이때 Bonferroni correction을 이용하여 다중비교에 따른 유의수준을 조정하였으며, 위스콘신 카드분류검사는 $p < 0.008(0.05/6)$, 스트룹검사 및 종합주의력검사의 각 소검사는 $p < 0.013(0.05/4)$, 아동 색-선로 검사는 $p < 0.017(0.05/3)$ 를 유의수준으로 하였다. 통계 프로그램으로는 Window용 SPSS 16.0을 사용하였다.

결 과

인구사회학적 특성(표 1)

본 연구에 참여한 259명 가운데 ADHD로 진단된 아동청소년이 197명, ADHD가 없는 것으로 진단된 아동청소년이 62명이었다. ADHD 아동청소년의 평균 연령이 10.5세, ADHD가 아닌 아동청소년의 평균 연령이 12.1세로 ADHD 아동청소년이 어렸다. 성별 비율이나 지능에는 차이가 없었다. ADHD로 진단된 아동청소년 가운데 102명(45.1%)이 복합형이었으며, 122명(54.0%)이 주의력결핍 우세형, 2명(0.9%)이 과잉행동-충동성 우세형이었다. ADHD가 아닌 아동청소년은 우울증(61.3%), 불안장애(38.7%), 적응장애(4.8%), 품행장애(4.2%), 반항성 도전장애(2.8%), 신체화 장애(1.6%) 등으로 진단되었다. 이 중에 두 가지 이상의 진단을 가진 경우는 14명(22.6%)이었고, 불안장애와 우울증을 동시에 진단받은 아동청소년이 11명, 품행장애와 우울증을 동시에 진단받은 아동청소년이 2명, 반항성 도전장애와 불안장애, 우울증 3가지 진단을 가진 아동청소년이 1명 있었다.

실행기능검사 결과 및 판별능력(표 2, 3)

Attention-deficit/hyperactivity disorder 아동청소년은 ADHD가 아닌 아동청소년에 비해서 SNAP-IV로 측정한 주의력결핍, 과잉행동-충동성이 심한 것으로 나타났다. 또한 스트룹검사의 색상-단어점수, 종합주의력검사 가운데 단 순선택주의력(시각)의 오경보오류, 단순선택주의력(청각)의 반응시간표준편차, 억제지속주의력의 반응시간표준편차, 간 섭선택주의력의 누락오류, 반응시간표준편차는 ADHD 아동청소년에서 더 낮았다.

Table 1. Demographic and clinical characteristics of children and adolescents with and without ADHD

	ADHD (n=197)	Non ADHD (n=62)	t or χ^2	p-value
Age in yr, mean (SD)	10.5 (3.3)	12.1 (3.5)	-3.17	0.002
FSIQ, mean (SD)	106.1 (12.9)	105.6 (12.2)	-0.26	0.765
Gender				
Boys, n (%)	146 (74.1)	39 (62.9)	2.9	0.088
ADHD subtypes, n (%)				
Combined	102 (45.1)			
Inattentive	122 (54.0)			
Hyperactive-impulsive	2 (0.9)			
Comorbid disorders, n (%)				
Oppositional defiant disorder	12 (6.1)	2 (3.2)		0.529*
Conduct disorder	11 (4.9)	3 (4.2)		1.000*
Depressive disorder	53 (26.9)	38 (61.3)	24.47	<0.001
Anxiety disorder	18 (9.1)	24 (38.7)	30.36	<0.001
Enuresis	2 (1.0)	0		1.000*
Adjustment disorder	1 (0.5)	3 (4.8)		0.044*
Somatization disorder	0 (0)	1 (1.6)		0.239*

* : Comparisons were assessed using the Fisher's exact test. ADHD : Attention-deficit/hyperactivity disorder, FSIQ : Full scale intelligent quotient, SD : Standard deviation

Receiver operating characteristic 분석에서는 위스콘신 카드분류검사의 전체 오류 수(% ile), 비보속오류 수(% ile), 스트룹검사의 색상점수 및 색상-단어점수, 종합주의력검사의 단순선택주의력(시각)의 오경보오류와 반응시간표준편차, 단순선택주의력(청각)의 반응시간표준편차, 억제지속주의력의 누락오류, 오경보오류, 반응시간표준편차, 간섭선택주의력의 반응시간표준편차가 유의하게 ADHD와 ADHD가 아닌 아동청소년을 판별하는 것으로 나타났다.

종합주의력검사와 스트룹검사, 아동 색선로검사, 위스콘신 카드분류검사의 연관성

Attention-deficit/hyperactivity disorder군을 대상으로 한 연구에서 SNAP의 과잉행동-충동성 점수는 단순선택주의력(시각) 반응시간표준편차($r=-0.222$)와 음의 상관관계를 보였다. 위스콘신 카드분류 검사의 소척도들은 종합주의력검사와 유의미한 상관관계가 없었으며, 스트룹 검사의 단어 점수는 단순선택주의력(시각) 반응시간($r=0.196$), 억제지속주의력의 반응시간($r=0.210$), 간섭선택주의력의 반응시간표준편차($r=0.192$)와 유의한 상관관계를 보였다. 스트룹검사의 색상점수는 분할주의력검사의 오경보오류($r=0.281$), 색상-단어점수는 단순선택주의력(시각) 반응시간($r=0.222$)과 반응시간표준편차($r=0.222$), 간섭선택주의력의 반응시간표준편차($r=0.259$)와 양의 상관관계를 보였다. 아동 색선로검사의 CCTT1 점수는 단순선택주의력(시각) 반응시간($r=0.206$), CCTT2 점수는 단순선택주의력(시각) 반응시간

($r=0.178$), 반응시간표준편차($r=0.201$), 억제지속주의력의 반응시간($r=0.239$), 간섭주의력의 반응시간($r=0.195$), 작업기억력의 순방향 공간폭($r=0.405$), 역방향 공간폭($r=0.399$)과 양의 상관관계를 보였으며, 차이간섭지표는 작업기억력의 순방향 공간폭($r=0.313$), 역방향 공간폭($r=0.285$), 역방향 정반응수($r=0.224$)와 양의 상관관계를 보였다(표 4).

Attention-deficit/hyperactivity disorder가 아닌 군에서는 SNAP의 주의력결핍 점수는 단순선택주의력(청각)의 반응시간($r=0.393$), 과잉행동-충동성 점수는 분할주의력의 반응시간표준편차($r=-0.423$)과 유의한 상관관계를 보였다. 위스콘신 카드분류 검사의 첫 번째 범주획득을 위한 시도 수는 순방향 정반응수($r=-0.395$), 역방향 정반응수($r=-0.445$)와 음의 상관관계를 보였다. 스트룹 검사의 색상 점수는 단순선택주의력(청각) 반응시간과($r=0.359$) 양의 상관관계를 보였으며, 색상-단어점수는 단순선택주의력(시각)의 반응시간($r=0.402$), 단순선택주의력(청각)의 반응시간($r=0.365$), 간섭선택주의력의 반응시간($r=0.387$), 차이간섭지표는 억제지속주의력의 오경보오류($r=0.347$)와 유의한 양의 상관관계를 보였다. 아동색선로검사는 종합주의력검사와 어떠한 상관관계를 보이지 않았다(표 5).

고 찰

본 연구에서 종합주의력검사는 ADHD 아동청소년에서 스트룹검사로 측정한 실행기능과 유의한 상관관계에 있어

Table 2. Comparison of the results of the CAT, CCTT, WCST and Stroop tests between children and adolescents with and without ADHD

	ADHD mean (SD)	Non ADHD mean (SD)	t	p
SNAP-IV	(n=121)*	(n=42)*		
Inattention	14.2 (5.2)	11.2 (7.0)	2.53	0.014 [‡]
Hyperactivity-Impulsivity	9.2 (5.5)	4.4 (3.8)	6.31	<0.001 [‡]
Wisconsin Card Sorting Test	(n=183)*	(n=60)*		
Number of total errors (%ile)	48.3 (11.3)	51.5 (11.5)	-1.86	0.064
Number of perseverative errors (%ile)	52.5 (15.9)	53.7 (12.7)	-0.57	0.568
Number of nonperseverative errors (%ile)	48.4 (12.0)	50.8 (12.0)	-1.37	0.171
Categories completed	2.8 (1.3)	3.0 (1.3)	-0.91	0.363
Trials to complete 1st category	16.5 (11.9)	17.5 (13.9)	-0.52	0.602
Failure to maintain set	0.4 (0.7)	0.6 (0.7)	-1.75	0.082
Children's Color Trails Test	(n=192)*	(n=55)*		
CCTT 1	44.5 (11.8)	45.6 (12.7)	-0.60	0.551
CCTT 2	44.3 (11.0)	47.1 (11.6)	-1.64	0.102
Interference	47.3 (11.5)	50.1 (10.3)	-1.59	0.114
Stroop test	(n=197)	(n=62)		
Word	45.5 (12.4)	47.3 (12.3)	-1.01	0.314
Color	47.9 (12.9)	51.5 (11.4)	-1.98	0.049
Color-Word	45.0 (11.9)	50.8 (12.4)	-3.28	0.001 [‡]
Interference	48.4 (14.5)	50.0 (10.3)	-0.99	0.323
Comprehensive Attention Test	(n=197)	(n=62)		
Omission error, visual selective	90.6 (21.8)	96.6 (16.8)	-2.26	0.025
Commission error, visual selective	81.8 (25.8)	91.3 (20.4)	-2.98	0.003 [‡]
Response time, visual selective	93.8 (16.2)	96.8 (16.1)	-1.30	0.196
Response time variability, visual selective	75.7 (26.4)	84.1 (23.8)	-2.23	0.027
Omission error, auditory selective	88.2 (32.5)	94.7 (23.4)	-1.46	0.146
Commission error, auditory selective	85.1 (23.9)	90.7 (20.0)	-1.68	0.095
Response time, auditory selective	93.2 (18.6)	96.6 (19.4)	-1.25	0.213
Response time variability, auditory selective	81.8 (21.0)	91.8 (20.5)	-3.28	0.001 [‡]
Omission error, sustained	83.4 (24.8)	91.2 (21.3)	-2.42	0.017
Commission error, sustained	88.2 (16.4)	92.8 (17.4)	-1.90	0.059
Response time, sustained	92.8 (17.1)	96.0 (17.3)	-1.26	0.207
Response time variability, sustained	85.5 (16.0)	91.6 (16.2)	-2.58	0.010 [‡]
	(n=194) [†]	(n=61) [†]		
Omission error, Flanker	78.0 (33.8)	89.7 (24.0)	-2.98	0.003 [‡]
Commission error, Flanker	82.0 (24.1)	88.6 (18.1)	-2.28	0.024
Response time, Flanker	89.3 (20.4)	91.7 (13.8)	-1.06	0.290
Response time variability, Flanker	75.6 (22.9)	84.0 (18.3)	-2.93	0.004 [‡]
	(n=129) [†]	(n=48) [†]		
Omission error, divided	81.0 (28.9)	76.4 (28.9)	0.94	0.347
Commission error, divided	82.2 (25.4)	87.2 (26.5)	-1.16	0.248
Response time, divided	101.9 (22.1)	101.4 (21.7)	0.13	0.896
Response time variability, divided	90.0 (21.9)	91.6 (21.1)	-0.42	0.674
Forward memory span	94.1 (20.5)	95.7 (19.0)	-0.47	0.642
Forward correct response	88.3 (24.5)	94.7 (23.3)	-1.56	0.120
Backward memory span	96.3 (19.5)	96.8 (19.0)	-0.18	0.860
Backward correct response	88.3 (27.0)	93.9 (24.3)	-1.26	0.208

* : Numbers may not add up to the same total because of missing values, [†] : Test was not applied when it is not appropriate to age, [‡] : Difference between the two groups was significant when corrected for multiple comparisons. ADHD : Attention-deficit/hyperactivity disorder, CAT : Comprehensive Attention Test, CCTT : Children's Color Trails Test, SNAP : Swanson, Nolan and Pelham-IV, WCST : Wisconsin Card Sorting test

공존타당도가 확인되었으며, ADHD의 실행기능을 효과적으로 측정하고 있는 것으로 생각된다. 또한 종합주의력검사의 결과는 ADHD 아동청소년과 임상대조군에서 유의하게

다른 것으로 나타났으며, 몇몇 척도들은 우수한 변별타당도를 보이는 것으로 나타났다. 본 연구는 종합주의력검사와 기존에 알려져 있는 실행기능검사의 관련성을 살펴본 최초의

Table 3. The area under the curve and 95% confidence interval from ROC analysis using the CAT, CCTT, WCST and Stroop tests to discriminate children and adolescents with ADHD from those without

	n*	AUC	95% CI	
			Lower	Upper
Wisconsin Card Sorting Test				
Number of total errors (%ile)	243	0.591 [†]	0.506	0.675
Number of perseverative errors (%ile)	243	0.538	0.461	0.615
Number of nonperseverative errors (%ile)	243	0.585 [†]	0.501	0.669
Categories completed	243	0.553	0.469	0.638
Trials to complete 1st category	243	0.527	0.443	0.612
Failure to maintain set	243	0.569	0.483	0.655
Children's Color Trails Test				
CCTT 1	247	0.532	0.441	0.624
CCTT 2	247	0.577	0.490	0.665
Interference	247	0.566	0.482	0.651
Stroop test				
Word	259	0.561	0.480	0.642
Color	259	0.590 [†]	0.513	0.668
Color-Word	259	0.644 [†]	0.565	0.723
Interference	259	0.533	0.456	0.611
Comprehensive Attention Test				
Omission error, visual selective	259	0.542	0.463	0.622
Commission error, visual selective	259	0.607 [†]	0.530	0.685
Response time, visual selective	259	0.538	0.457	0.619
Response time variability, visual selective	259	0.602 [†]	0.523	0.681
Omission error, auditory selective	259	0.551	0.470	0.632
Commission error, auditory selective	259	0.561	0.482	0.640
Response time, auditory selective	259	0.553	0.470	0.636
Response time variability, auditory selective	259	0.642 [†]	0.563	0.721
Omission error, sustained	259	0.608 [†]	0.528	0.688
Commission error, sustained	259	0.599 [†]	0.517	0.680
Response time, sustained	259	0.542	0.458	0.626
Response time variability, sustained	259	0.622 [†]	0.543	0.701
Omission error, Flanker	255	0.606 [†]	0.529	0.684
Commission error, Flanker	255	0.571	0.494	0.648
Response time, Flanker	255	0.525	0.447	0.603
Response time variability, Flanker	255	0.602 [†]	0.523	0.681
Omission error, divided	177	0.460	0.364	0.557
Commission error, divided	177	0.554	0.458	0.650
Response time, divided	177	0.495	0.401	0.590
Response time variability, divided	177	0.502	0.406	0.598
Forward memory span	177	0.505	0.406	0.604
Forward correct response	177	0.575	0.482	0.668
Backward memory span	177	0.501	0.402	0.600
Backward correct response	177	0.557	0.464	0.649

* : Numbers may not add up to the same total because of missing values or because test was not applied when it is not appropriate to age, [†] : Statistically significant discrimination ability of ADHD (AUC>0.5). 95% CI : 95% confidence interval, ADHD : Attention-deficit/hyperactivity disorder, AUC : Area under the curve, CAT : Comprehensive Attention Test, CCTT : Children's Color Trails Test, ROC : Receiver operating characteristic, WCST : Wisconsin Card Sorting test

Table 4. Pearson correlations between the CAT and WCST, CCTT, Stroop test in the subjects with ADHD (n=197)

	WCST1	WCST2	WCST3	WCST4	WCST5	WCST6	Stroop1	Stroop2	Stroop3	Stroop4	CCTT1	CCTT2	CCTT3	SNAP1	SNAP2
Omission error, visual selective	0.093	0.002	0.089	0.056	0.008	0.064	0.080	0.038	0.153	0.097	0.038	0.073	0.034	-0.059	-0.145
Commission error, visual selective	0.011	-0.003	0.008	-0.023	0.125	0.081	0.081	0.044	0.053	0.026	0.075	0.164	0.115	-0.145	-0.191
Response time, visual selective	-0.085	-0.112	-0.004	-0.038	-0.072	-0.138	0.196*	0.153	0.222**	-0.018	0.206*	0.178*	0.046	-0.129	-0.004
Response time variability, visual selective	-0.022	-0.047	-0.008	0.011	-0.023	-0.056	0.176	0.095	0.222**	0.100	0.170	0.201*	0.100	-0.164	-0.222*
Omission error, auditory selective	-0.012	-0.003	-0.055	-0.024	-0.034	0.060	0.104	0.073	0.089	0.008	0.146	0.070	-0.019	-0.106	0.001
Commission error, auditory selective	-0.050	-0.088	0.021	-0.061	0.067	0.078	0.163	0.081	0.119	0.007	0.112	0.143	0.093	-0.064	-0.104
Response time, auditory selective	-0.102	0.018	-0.182	-0.099	0.034	-0.047	0.111	0.016	0.053	0.019	0.155	0.041	-0.051	-0.171	-0.037
Response time variability, auditory selective	-0.078	0.034	-0.092	-0.138	0.007	0.046	0.134	0.029	0.171	0.120	0.113	0.068	0.013	-0.157	-0.001
Omission error, sustained	0.071	0.047	0.050	0.036	-0.031	0.122	0.090	0.097	0.076	-0.035	0.121	0.102	0.026	-0.015	-0.077
Commission error, sustained	0.007	0.021	0.040	-0.013	0.149	0.065	0.046	0.039	0.007	0.005	0.028	0.128	0.114	0.021	-0.021
Response time, sustained	-0.105	-0.024	-0.095	-0.086	-0.006	-0.087	0.210*	0.157	0.179	-0.047	0.126	0.239**	0.156	-0.056	0.079
Response time variability, sustained	-0.032	-0.003	-0.022	-0.076	0.082	0.052	0.155	0.115	0.134	0.006	0.155	0.151	0.062	-0.136	-0.120
Omission error, Flanker	0.036	0.085	-0.047	-0.008	-0.001	0.092	0.159	0.163	0.143	-0.051	0.118	0.140	0.066	-0.097	-0.110
Commission error, Flanker	0.001	0.009	-0.028	0.009	0.045	0.067	-0.031	-0.051	0.060	0.126	0.046	0.089	0.061	-0.089	-0.063
Response time, Flanker	-0.107	-0.037	-0.095	-0.100	0.017	-0.119	0.125	0.168	0.186	-0.049	0.115	0.195*	0.116	-0.070	-0.011
Response time variability, Flanker	-0.043	-0.003	-0.012	-0.040	-0.011	0.024	0.192**	0.141	0.259**	0.059	0.124	0.132	0.043	-0.168	-0.138
Omission error, divided	0.128	0.109	0.124	0.164	-0.105	-0.152	0.151	0.185	0.118	-0.081	0.048	0.205	0.155	-0.137	0.171
Commission error, divided	-0.044	-0.062	0.044	0.064	-0.170	-0.093	0.144	0.281**	0.177	-0.174	0.179	0.183	0.080	-0.013	0.086
Response time, divided	-0.071	0.040	-0.193	-0.057	0.070	-0.019	0.078	-0.003	-0.004	0.011	0.131	0.011	-0.055	-0.127	0.068
Response time variability, divided	0.015	0.160	-0.057	-0.018	-0.086	0.039	0.075	0.186	0.168	-0.045	0.085	0.133	0.093	-0.111	0.154
Forward memory span	0.154	0.169	0.078	0.055	-0.157	-0.026	0.134	0.119	0.225	0.092	0.180	0.405***	0.313***	-0.104	-0.023
Forward correct response	0.226	0.235	0.181	0.172	-0.058	-0.037	0.037	0.132	0.123	0.041	-0.069	0.167	0.201	-0.061	0.228
Backward memory span	0.119	0.128	0.063	0.048	-0.162	-0.080	0.151	0.105	0.185	0.067	0.207	0.399***	0.285**	-0.021	0.039
Backward correct response	0.150	0.167	0.132	0.118	-0.025	-0.059	0.016	0.154	0.127	0.019	-0.074	0.194	0.224*	-0.056	0.226

* : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001 when corrected for multiple comparison. CAT : Comprehensive Attention Tests, CCTT : Children's Color Trails Test, CCTT1 : CCTT1 time score, CCTT2 : CCTT2 time score, CCTT3 : CCTT3 time score, SNAP1 : SNAP, Swanson, Nolan and Pelham-IV inattention score, SNAP2 : SNAP, Swanson, Nolan and Pelham-IV hyperactivity-impulsivity score, Stroop1 : Stroop Test Word score, Stroop2 : Stroop Test Color score, Stroop3 : Stroop Test Color-Word score, Stroop4 : Stroop Test interference score, WCST : Wisconsin Card Sorting Test, WCST1 : Number of total errors (% ile); WCST2 : Number of perseverative errors (% ile); WCST3 : Number of nonperseverative errors (% ile); WCST4 : Categories completed, WCST5 : Trials to complete 1st category, WCST6 : Failure to maintain set

Table 5. Pearson correlations between the CAT and WCST, CCTT, Stroop test in subjects without ADHD (n=62)

	WCST1	WCST2	WCST3	WCST4	WCST5	WCST6	Stroop1	Stroop2	Stroop3	Stroop4	CCTT1	CCTT2	CCTT3	SNAP1	SNAP2
Omission error, visual selective	-0.093	-0.019	-0.077	-0.062	0.044	-0.097	-0.012	0.168	0.296	0.139	-0.076	-0.087	-0.023	-0.266	-0.120
Commission error, visual selective	-0.007	-0.016	0.048	-0.003	-0.100	-0.008	0.056	0.144	0.185	0.049	-0.087	0.047	0.134	-0.044	-0.153
Response time, visual selective	0.010	0.104	-0.019	-0.032	-0.012	0.028	0.271	0.275	0.402*	0.122	0.116	-0.023	-0.064	0.294	-0.190
Response time variability, visual selective	0.072	-0.006	0.124	0.039	-0.089	0.071	0.108	0.255	0.302	0.007	-0.044	-0.039	-0.025	0.085	-0.281
Omission error, auditory selective	0.039	0.098	0.036	0.037	0.005	-0.282	0.013	0.082	0.177	0.096	-0.033	-0.193	-0.200	-0.044	-0.041
Commission error, auditory selective	0.119	0.040	0.150	0.191	-0.094	-0.257	-0.119	-0.044	0.171	0.306	-0.062	-0.005	0.055	-0.088	-0.166
Response time, auditory selective	-0.050	0.034	-0.022	-0.040	0.053	-0.157	0.206	0.359*	0.365*	-0.050	0.042	-0.085	-0.078	0.393*	-0.057
Response time variability, auditory selective	-0.026	-0.065	0.068	-0.004	0.028	-0.234	0.022	0.166	0.313	0.198	-0.138	-0.171	-0.098	0.252	-0.120
Omission error, sustained	0.042	0.069	0.051	-0.035	0.172	-0.063	-0.029	-0.061	-0.007	0.052	-0.008	-0.023	-0.056	-0.086	0.210
Commission error, sustained	0.157	0.106	0.164	0.148	-0.051	0.012	-0.100	-0.229	-0.007	0.347*	-0.029	0.075	0.100	-0.032	-0.079
Response time, sustained	-0.037	0.039	-0.034	-0.138	0.150	0.060	0.275	0.312	0.323	-0.061	0.129	-0.082	-0.172	0.249	-0.012
Response time variability, sustained	0.185	0.123	0.223	0.166	0.016	-0.054	0.192	0.151	0.284	0.173	-0.023	0.006	0.015	-0.012	-0.088
Omission error, Flanker	0.041	0.103	0.045	-0.029	0.230	0.079	0.218	0.174	0.167	-0.062	-0.073	0.005	0.038	-0.060	-0.169
Commission error, Flanker	0.101	0.127	0.096	0.093	-0.016	-0.084	0.177	0.196	0.183	-0.054	-0.040	0.142	0.215	-0.013	-0.124
Response time, Flanker	-0.055	0.143	-0.080	-0.126	0.229	0.032	0.279	0.287	0.387*	0.096	0.116	-0.117	-0.196	0.079	-0.126
Response time variability, Flanker	-0.088	0.103	-0.108	-0.114	0.263	-0.048	0.199	0.247	0.271	0.022	-0.015	-0.124	-0.127	0.147	-0.027
Omission error, divided	0.028	0.025	0.051	0.101	0.110	-0.029	0.375	0.344	0.302	-0.062	0.077	0.177	0.187	-0.215	-0.124
Commission error, divided	-0.034	-0.102	0.033	0.022	0.169	0.051	0.076	0.219	0.185	-0.047	-0.002	0.097	0.131	0.125	-0.219
Response time, divided	-0.105	-0.042	-0.131	-0.074	-0.134	-0.025	0.061	0.309	0.301	-0.039	-0.056	-0.226	-0.180	0.221	-0.277
Response time variability, divided	-0.241	-0.195	-0.183	-0.129	0.233	-0.133	0.159	0.258	0.132	-0.151	-0.131	-0.103	-0.025	0.021	-0.423*
Forward memory span	0.275	0.138	0.319	0.285	-0.125	0.041	0.233	0.271	0.077	-0.275	0.060	0.111	0.126	0.207	0.093
Forward correct response	0.290	0.208	0.333	0.346	-0.395*	0.112	0.316	0.390	0.333	-0.127	0.009	0.091	0.134	0.071	0.020
Backward memory span	0.250	0.133	0.271	0.234	-0.108	0.098	0.240	0.262	0.056	-0.287	-0.037	0.077	0.173	0.132	0.009
Backward correct response	0.312	0.222	0.331	0.354	-0.445*	0.165	0.343	0.365	0.318	-0.116	0.080	0.132	0.107	0.103	0.080

* : p<0.05 when corrected for multiple comparison. CAT : Comprehensive Attention Tests, CCTT : Children's Color Trails Test, CCTT1 : CCTT1 time score, CCTT2 : CCTT2 time score, CCTT3 : CCTT3 time score, SNAP1 : SNAP, Swanson, Nolan and Pelham-IV inattention score, SNAP2 : SNAP, Swanson, Nolan and Pelham-IV hyperactivity-impulsivity score, Stroop1 : Stroop Test Word score, Stroop2 : Stroop Test Color score, Stroop3 : Stroop Test Color-Word score, Stroop4 : Stroop Test Interference score, WCST : Wisconsin Card Sorting Test, WCST1 : Number of total errors (% ile), WCST2 : Number of perseverative errors (% ile), WCST3 : Number of nonperseverative errors (% ile), WCST4 : Categories completed, WCST5 : Trials to complete 1st category, WCST6 : Failure to maintain set

연구이다.

본 연구에서 간섭주의력을 측정하는 스트룹 검사의 색상 점수, 색상-단어점수와 종합주의력검사의 간섭주의력검사 누락 오류 및 반응시간표준편차는 모두 ADHD와 ADHD가 아닌 군을 효과적으로 판별하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 간섭주의력이 ADHD의 핵심적인 실행기능 결손 가운데 하나라는 것을 시사한다. 그러나 본 연구에서 스트룹검사의 간섭점수는 간섭선택주의력검사(Flanker test)를 비롯한 종합주의력검사의 어떤 소검사 척도와도 연관성을 보이지 않았다. Flanker test는 스트룹검사와 함께 상충되는 자극에 의한 간섭효과를 측정하는 검사로 알려져 있다.^{20,21)} 그러나 Flanker test는 스트룹검사보다 간섭효과가 크고 언어적 자극이 개입하지 않는다는 점에서 차이를 보이며, Flanker test와 스트룹검사를 시행할 때 왼쪽 배측 전두대상피질(dorsal anterior cingulate cortex)과 왼쪽 배외측 전두두피질(dorsolateral prefrontal cortex, 이하 DLPFC)이 동일하게 활성화되기는 하였으나 그 활성화도에 있어서 차이가 있었으며, 두 부위 외에 활성화되는 부위에는 차이를 보였다.²²⁾ 또한 스트룹검사의 간섭지표는 억제과정의 효율성을 평가하는 데 중요한 도구로 알려져 있으며, ADHD와 ADHD가 아닌 아동을 구별하는 효과가 큰 것으로 알려져 왔으나,²³⁾ 최근의 메타분석에서는 스트룹 간섭효과 점수는 ADHD 아동에서 크지 않았고 ADHD 아동과 대조군 사이의 차이는 색상 점수와 색상-단어점수에서만 관찰되었다.²⁴⁾ 이는 본 연구의 판별분석에서 색상 점수와 색상-단어점수만 ADHD와 ADHD가 아닌 아동청소년을 유의하게 구별하였던 것과 일치하는 소견이다. 또한 국내 아동을 대상으로 한 연구에서도 교사가 측정한 ADHD의 증상은 스트룹검사의 단어점수, 색상점수, 색상-단어점수와만 상관관계를 보였으며, 스트룹검사의 간섭점수와는 상관관계를 보이지 않았다.²⁵⁾ ADHD 아동청소년에서 스트룹검사와 Flanker test로 측정한 간섭효과에 대해서는 추후 보다 자세한 연구가 필요하다.

본 연구에서 아동 색선로 검사와 CAT의 분할주의력검사의 결과는 ADHD군과 임상대조군에서 차이를 보이지 않았으며, ADHD와 임상대조군을 유의하게 판별하지 못하였다. 또한 분할주의력(divided attention)을 반영하는 CCTT 차이 간섭지표(interference score)는 임상대조군에서 CAT의 어떤 척도와도 상관관계를 보이지 않았으며, ADHD군에서는 작업기억력과만 상관관계가 있었고, 분할주의력검사의 소 척도들을 비롯한 CAT의 다른 척도와는 상관관계를 보이지 않았다. 따라서 본 연구의 결과는 CAT의 분할주의력검사와 CCTT가 분할주의력의 서로 다른 측면을 측정하고 있으며, 분할주의력이 ADHD의 대표적인 실행기능이나 핵심적인

인지결손이 아닐 가능성을 시사한다. 이는 분할주의력이 ADHD와 ADHD 아닌 아동청소년을 판별하는 효과가 크지 않다는 기존의 연구와 일치하는 결과이다.²³⁾

본 연구에서 스트룹 검사의 단어점수, 색상점수, 색상-단어점수 및 아동 색선로검사의 CCTT1 완성시간, CCTT2 완성시간은 주로 종합주의력검사의 다양한 소검사들의 반응시간이나 반응시간 표준편차와 유의한 관련성을 보였다. 스트룹 단어점수, 색상점수는 정신운동속도(psychomotor speed)와 초점주의력(focused attention)을 반영하는 것으로 생각되고 있으며,¹⁹⁾ 이러한 선택적 주의력이나 작업기억력이 검사의 종류나 유형과 무관하게 모든 검사의 수행에 영향을 미치기 때문인 것으로 생각된다.

본 연구에서는 WCST의 결과는 ADHD와 임상대조군 군에서 차이가 없었으며, 판별분석에서도 ADHD와 임상대조군을 유의하게 판별하지 못하는 것으로 나타났다. 임상대조군에서 상관분석을 시행하였을 때 첫 번째 범주획득을 위한 시도 수는 작업기억력과 음의 상관관계를 보였으나, ADHD 아동청소년을 대상으로 한 상관분석에서는 CAT의 소검사 결과들과 WCST의 결과는 유의한 상관관계가 없었다. WCST는 작업기억력, 행동억제(behavioral inhibition), 전환능력(set shifting) 등의 실행기능의 다양한 측면을 반영하는 것으로 생각되어 왔다. 그러나 실행기능을 측정하는 다른 검사들에 비해서 ADHD를 일반 아동청소년으로부터 구별 지어주는 정도는 덜한 것으로 알려져 있다.²³⁾ 본 연구의 결과는 이러한 기존 연구들의 결과와 일치하는 소견이다.

본 연구에서는 정상대조군 대신 임상대조군과 ADHD군의 실행기능을 비교하였으며, 임상대조군은 주로 우울증이나 불안장애로 진단된 아동청소년이었다. 우울증의 인지기능은 인지적 자원감소 및 정신운동 속도 저하(reduction of cognitive resources and psychomotor retardation)나 언어적 학습과 기억(verbal learning and memory)의 저하로 특징 지워지며, 실행기능의 문제는 인지적 유연성 및 자발성 저하에 따른 이차적인 것으로 생각되고 있다.^{26,27)} 불안장애에서의 실행기능 저하 역시 핵심적인 인지결손이라기보다는 집중력의 저하와 위협으로 인지하는 영역에만 과도하게 집중력이 왜곡(attentional bias)되는 것과 연관된다고 생각되고 있다.²⁸⁾ 실제로 ADHD와 불안장애의 인지기능을 비교한 연구에서, 불안장애에서는 유연성과 자발성 저하가 보였으나 ADHD군에서는 억제와 조직화 능력의 저하(poor inhibition and organizational abilities)와 같은 실행기능의 문제가 두드러졌다.²⁹⁾ 즉 우울증 및 불안장애 모두 실행기능보다는 인지적 유연성 및 정신운동속도의 저하를 특징적으로 보이는 것으로 보고되고 있어, ADHD의 실행기능을 평가하는 연구

의 대조군으로서 의미를 가질 것으로 생각된다. 또한 임상현장에서는 우울증이나 불안장애와 ADHD를 감별해야 하는 경우가 많기 때문에 ADHD의 실행기능을 평가하는 도구의 진단적 타당성을 평가하는 본 연구에서는 임상대조군을 대상으로 한 연구가 의미를 지닌다 하겠다. 다만 ADHD의 핵심적인 인지결손이나 병태생리를 보다 정확히 규명하기 위해서는 추후 정상대조군과 ADHD군에서 CAT로 측정할 실행기능의 차이를 평가하는 연구가 필요하겠다.

본 연구의 한계점으로는 첫째, 위에서 언급하였듯이 ADHD군과 임상대조군만을 대상으로 하였고 정상대조군을 포함하지 않았다. 둘째, 임상대조군에 다양한 진단을 가진 아동청소년이 포함되었으며, 각각의 질환이 실행기능에 미치는 효과를 통제하지 못하였다. 그러나 실행기능에 직접적으로 관련된 것으로 알려진 틱장애나 학습장애를 가진 경우를 연구대상에서 제외하여 이러한 효과를 최소화하고자 하였다. 셋째, 정신장애의 진단과정에서 구조화된 진단면접도구가 사용되지 않았다. 본 연구와 같이 특정질환에서 신경인지기능 검사의 역할을 평가하는 연구에서는 진단의 정확성이 중요하기 때문에 Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia for School-Age Children-Present and Lifetime Version과 같은 구조화된 진단면접도구를 사용하는 것이 진단과정의 객관화에 도움이 될 수 있다.

이러한 한계에도 불구하고 본 연구는 많은 수의 표본을 대상으로 종합주의력검사와 기존에 타당도가 알려져 있는 실행기능검사의 결과를 ADHD 아동청소년과 ADHD가 아닌 아동청소년 사이에 비교하고 상관관계를 분석함으로써, ADHD의 실행기능을 평가하는데 있어서 종합주의력검사의 타당도를 검증하였다는 점에서 의의를 지닌다. 본 연구의 결과를 바탕으로 약물연구, 유전학연구, 뇌영상연구 등 ADHD에 대한 다양한 연구에 종합주의력검사를 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

중심 단어 : 주의력결핍 과잉행동장애 · 아동 색선로검사 · 종합주의력검사 · 실행기능 · 스트룹검사 · 위스콘신 카드분류검사.

Conflicts of Interest

The authors have no financial conflicts of interest.

REFERENCES

- 1) Barkley RA. ADHD in Adults. In: Barkley RA, editor. Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment. 3rd ed. New York: Guilford Press;2006. p.248-296.
- 2) Nigg JT, Stavro G, Ettenhofer M, Hambrick DZ, Miller T, Henderson JM. Executive functions and ADHD in adults: evidence for selective effects on ADHD symptom domains. *J Abnorm Psychol* 2005;114:706-717.
- 3) Barkley RA. Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment. 3rd ed. New York: The Guilford Press;2006.
- 4) Denckla MB. A theory and model of executive function: A neuropsychological perspective. In: Lyon GR KN, editor. Attention, memory, and executive function. Baltimore: Paul H. Brookes;1996. p.263-277.
- 5) Best JR, Miller PH. A developmental perspective on executive function. *Child Dev* 2010;81:1641-1660.
- 6) Biederman J, Petty CR, Fried R, Doyle AE, Spencer T, Seidman LJ, et al. Stability of executive function deficits into young adult years: a prospective longitudinal follow-up study of grown up males with ADHD. *Acta Psychiatr Scand* 2007;116:129-136.
- 7) Biederman J, Petty CR, Doyle AE, Spencer T, Henderson CS, Marion B, et al. Stability of executive function deficits in girls with ADHD: a prospective longitudinal followup study into adolescence. *Dev Neuropsychol* 2008;33:44-61.
- 8) Szatmari P, Maziade M, Zwaigenbaum L, Mérette C, Roy MA, Joober R, et al. Informative phenotypes for genetic studies of psychiatric disorders. *Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet* 2007;144B: 581-588.
- 9) Willcutt EG, Doyle AE, Nigg JT, Faraone SV, Pennington BF. Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. *Biol Psychiatry* 2005;57:1336-1346.
- 10) Nigg JT. Neuropsychologic theory and findings in attention-deficit/hyperactivity disorder: the state of the field and salient challenges for the coming decade. *Biol Psychiatry* 2005;57:1424-1435.
- 11) Kebir O, Tabbane K, Sengupta S, Joober R. Candidate genes and neuropsychological phenotypes in children with ADHD: review of association studies. *J Psychiatry Neurosci* 2009;34:88-101.
- 12) Corkum PV, Siegel LS. Is the Continuous Performance Task a valuable research tool for use with children with Attention-Deficit-Hyperactivity Disorder? *J Child Psychol Psychiatry* 1993;34:1217-1239.
- 13) Yoo HK, Lee J, Kang SH, Park EH, Jung J, Kim BN, et al. Standardization of the comprehensive attention test for the Korean children and adolescents. *J Kor Acad Child Adolesc Psychiatry* 2009;20:68-75.
- 14) Swanson JM, Kraemer HC, Hinshaw SP, Arnold LE, Conners CK, Abikoff HB, et al. Clinical relevance of the primary findings of the MTA: success rates based on severity of ADHD and ODD symptoms at the end of treatment. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2001; 40:168-179.
- 15) Seo WS, Chang HK, Kim JS, Lee JB. Reliability and validity of short form, parental version of the Korean swanson, nolan and pelham-IV (SNAP-IV). *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 2008;47:64-72.
- 16) Lezak MD, Howieson DB, Loring DW. Neuropsychological Assessment. New York: Oxford University Press;2004.
- 17) Heaton RK. Wisconsin Card Sorting Test (WCST). Odessa, FL: Psychological Assessment Resources;1981.
- 18) Shin MS, Koo HJ. Children's Color Trails Test. Seoul: Hakjisa;2007.
- 19) Shin MS, Park MJ. Stroop Color And Word Test. Seoul: Hakjisa;2007.
- 20) Fan J, McCandliss BD, Sommer T, Raz A, Posner MI. Testing the efficiency and independence of attentional networks. *J Cogn Neurosci* 2002;14:340-347.
- 21) Raz A, Buhle J. Typologies of attentional networks. *Nat Rev Neurosci* 2006;7:367-379.
- 22) Fan J, Flombaum JI, McCandliss BD, Thomas KM, Posner MI. Cognitive and brain consequences of conflict. *Neuroimage* 2003;18:42-57.
- 23) Frazier TW, Demaree HA, Youngstrom EA. Meta-analysis of intellectual and neuropsychological test performance in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychology* 2004;18:543-555.
- 24) Schwartz K, Verhaeghen P. ADHD and Stroop interference from age 9 to age 41 years: a meta-analysis of developmental effects. *Psychol Med* 2008;38:1607-1616.
- 25) Cho SC, Kim HW, Kim BN, Shin MS, Yoo HJ, Kim JW, et al. Are teacher ratings and parent ratings differently associated with children's intelligence and cognitive performance? *Psychiatry Investig*

- 2011;8:15-21.
- 26) Marazziti D, Consoli G, Picchetti M, Carlini M, Faravelli L. Cognitive impairment in major depression. *Eur J Pharmacol* 2010;626:83-86.
- 27) Fossati P, Ergis AM, Allilaire JF. [Executive functioning in unipolar depression: a review]. *Encephale* 2002;28:97-107.
- 28) Ferreri F, Lapp LK, Peretti CS. Current research on cognitive aspects of anxiety disorders. *Curr Opin Psychiatry* 2011;24:49-54.
- 29) Park SM, Shin MS. Comparison of executive function in children with ADHD and anxiety disorder. *J Kor Acad Child Adolesc Psychiatry* 2010;21:147-152.