

아동 색 선로 검사의 표준화 연구

구 훈 정¹⁾ · 신 민 섭²⁾

서울대학교병원 소아정신과,¹⁾ 서울대학교 의과대학 정신과학교실²⁾

A Standardization Study of Children's Color Trails Test(CCTT)

Hoon Jung Koo, M.A.¹⁾ and Min Sup Shin, Ph.D.²⁾

¹⁾Department of Child Psychiatry, Seoul National University, Children's Hospital, Seoul, Korea

²⁾Department of Psychiatry, Seoul National University, College of Medicine, Seoul, Korea

Objectives : This study was conducted in order to examine the reliability and validity of the Children's Color Trails Test (CCTT). The objective of the study was also to provide the Korean normative data for the CCTT.

Methods : Normative samples consisted of 766 children and adolescents living in Seoul and aged from 5 to 15 years. Eighty children who were diagnosed with ADHD, based on the DSM-IV criterion, were recruited from Seoul National University Children's Hospital. Among them, 46 ADHD children were receiving medication, while 34 children were drug-free.

Results : The scores of the CCTT were significantly correlated with those of the Stroop test. Three factors were extracted through factor analysis—visual tracking and cognitive flexibility, distractibility and susceptibility to interference, and simple attention and impulsivity. The completion time of the CCTT for all children tended to decrease as age increased. There were significant differences in the CCTT scores between the ADHD group receiving medication, the ADHD-drug free group and the normal groups. The CCTT also showed sound test-retest reliability. These results confirmed the reliability and validity of the CCTT. Finally, we provided the Korean normative data for the CCTT.

Conclusion : These results suggest that the CCTT is a reliable and valid test, which can be used to assess frontal function related to child psychiatric disorders in Korean children.

KEY WORDS : Children's Color Trails Test (CCTT) · Standardization · Reliability · Validity.

서 론

성인용 선로 잇기 검사(Trail Making Test, TMT) A형과 B형은 임상실제에서 자주 사용하는 신경심리검사이다. A 유형의 경우는 지면 위에 불규칙적으로 배열된 숫자들을 순서대로 선을 그어 연결시키는 것으로 주의지속력과 정신운동 속도가 주로 요구된다. 반면, B 유형의 경우는 숫자와 문자를 번갈아가며 순서대로 연결시켜야 하므로 주의전환과 집중력, 즉시 기억력, 숫자와 문자에 대한 즉시 재인 등 A 유형보다 복잡한 정신기능이 요구된다. TMT는 실시 방법이 간단하고

비용과 소요 시간이 적을 뿐만 아니라 뇌손상에 민감한 선별 도구로¹⁾ 정신과 환자의 인지 기능 평가나 전두엽 손상 환자의 진단 평가에 활용되는 등 임상적 활용 가치가 높다.²⁾

아동의 신경심리학적 평가에 대한 임상적 필요성에 따라 아동의 인지 처리 용량을 고려하여 성인용 선로 잇기 검사의 형식을 그대로 유지하되 검사 자극의 개수를 줄인 아동용 선로 잇기 검사가 개발되었다.³⁾ 아동용 선로 잇기 검사는 짧은 시간 안에 검사를 완성할 수 있다는 장점이 있으나, 검사 자극이 여전히 알파벳, 즉 '글자'로 구성되어 있어 한계점이 있다. 우선, 검사 자극이 알파벳으로 구성되어 알파벳에 익숙하고 이해할 수 있는 영어권 이외의 문화권에서는 사용에 제한이 있다. 일부 비영어권 국가에서는 영어 알파벳을 각 문화권에 해당하는 문자로 대체하여 시행하는 경우도 있었으나 여기에도 여전히 문제점이 있다. 예를 들면 우리나라의 경우 'A-B-C'를 '가-나-다'나 'ㄱ-ㄴ-ㄷ' 중 어느 것으로 대체하는 것이 더욱 타당한지를 결정하기가 쉽지 않

접수완료 : 2007년 8월 10일 / 심사완료 : 2007년 10월 1일

Address for correspondence : Min Sup Shin, Ph.D., Department of Child-Adolescent Psychiatry, Seoul National University Children's Hospital, 28 Yeongeon-dong, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea

Tel : +82.2-2072-2454, Fax : +82.2-744-7241

E-mail : shinms@snu.ac.kr

을 뿐만 아니라 둘 중의 어느 하나를 선택하여 검사 자극으로 선택한다고 하더라도 두 자극이 동일한 인지적 처리 과정을 공유하는 지에 대해서는 의문이 남는다. 무엇보다 중요한 것은 글자를 이제 막 배우기 시작하는 아동에게 있어서는 글자에 대한 이해나 친숙도에서 개인 간 차이가 크므로 취학 전 그리고 학령기 아동들의 문자(letters)에 대한 익숙함이나 교육 경험 여부가 선로 잇기 절차의 수행에 영향을 미치게 된다는 점이다.

이러한 점은 워낙 미세한 신경학적 변화를 감지해야하는 신경심리평가에서는 매우 중요한 한계점이라고 하겠다. 예를 들어, 영어 알파벳을 암송하거나 노래로 부르면서 암기를 한 아동은 이러한 인지 세트(set)가 기억 속에 깊이 입력되어 있기 때문에 이를 암기하지 못한 아동이나 정규 교육을 충분히 받지 못하여 이를 배우지 못한 아동 보다 수행이 훨씬 용이할 수 있다. 또한, 경도의 뇌손상을 입은 상태라고 하더라도 병전 기능 수준이 높은 아동의 경우 손상되지 않은 기억 기능을 활용하여 선로 잇기 검사 B형을 정상범위의 시간 안에 완성할 수도 있으므로 검사의 변별력이 저하되는 문제점이 있다.⁴⁾

색 선로 검사(Color Trails Test)⁵⁾는 문화의 영향 뿐만 아니라 글자와 같은 언어의 영향을 최소화하고자 기존의 아동용 선로 잇기 검사(Children's Trail Making Test, CTMT)를 유지하되, 알파벳과 같은 글자를 대신하여 전 문화 공통적으로 적용되는 개념인 '색'을 자극으로 사용하였다. 아동의 경우 30개월에서 48개월에 이르면 이미 성인과 유사한 색 구별 능력을 가지게 되는데,⁶⁾ 색 구별이 유아기부터 획득되는 인지 능력으로^{7,8)} 비교적 안정적인 검사 자극 변인이라는 점에서 글자 대신 '색'을 자극으로 선택하게 된 것은 적절한 선택이라 할 수 있다. 아동 색 선로 검사(Children's Color Trails Test, CCTT)는 숫자를 순서대로 오름차순(1 → 2 → 3)에 따라 연결해야 하는 CCTT-1과 숫자를 순서대로 연결하되 색을 번갈아가면서 연결해야 하는(분홍색1 → 노란색2 → 분홍색3) CCTT-2 형으로 구성된다. 기존의 CTMT와 마찬가지로 CCTT는 시각 운동 협응 능력, 주의력, 시각적 주사 능력 및 인지적 융통성이 기본적으로 요구되는 전두엽 관련 기능을 평가한다.⁹⁾ 실제, CCTT는 주의력결핍 과잉행동장애(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD) 아동의 진단 및 임상 평가에도 매우 유용하고 타당한 검사로 활용되고 있으며 주의력 및 전두엽 기능을 보다 신뢰롭고 타당하게 측정하는데 기여하고 있다는 것이 밝혀진 바 있다.^{4,10)} 뿐만 아니라 전반적인 오류 점수만을 기록하도록 되어 있는 기존의 CTMT의 채점 방식과 다르게,¹¹⁾ CCTT에서 새로이 추가되거나 강화된 오류 점수(색 순서 오류, 숫자 순서 오류,

근사 오류와 촉진)들은 진단별 수행특성이나 상태에 따른 인지기능의 변화 및 미세한 기능 장애에 대한 보다 많은 정보를 제공해줌으로서 검사의 변별력을 높이고 다양한 해석적 접근을 하는 데에도 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

소아 신경과와 소아 정신과를 방문하는 많은 아동들의 여러 가지 인지, 행동 및 정서적 문제를 정확히 진단하고 치료를 돕기 위해서는 신경심리학적 평가가 필수적이다. 그 중에서도 전두엽 기능을 평가하는 것으로 알려진 CCTT는 학습 장애, ADHD, 틱 장애 및 뚜렛 장애와 같이 전두엽의 기능 장애와 밀접하게 관련되어 있는 아동기 정신과적 장애를 진단하는데 매우 유용한 검사이다.⁴⁾ 따라서, 한국판 CCTT에 대한 표준화 연구를 통하여 연령별 국내 규준이 제공된다면 다양한 소아 정신과적 장애의 진단 및 신경학적 결함을 평가하고 이에 대한 임상 연구를 수행하는 데 유용하게 사용될 것으로 여겨진다. 본 연구에서는 5세부터 15세까지의 국내 아동 및 청소년을 대상으로 CCTT의 신뢰도와 타당도를 검증하고 이와 동시에 연령별 정상 규준을 확립하고자 한다.

방 법

1. 연구대상

2006년 6~7월 동안 서울의 강남과 강서 지역에 있는 유치원, 초등학교와 중학교에 재학 중인 만 5~15세 연령 범위 내의 아동 및 청소년 766명이 정상 규준 집단으로 본 연구에 참여하였다(Table 1).

담임 교사와의 일대일 면담과 학생 기록부를 검토한 결과, 신경심리학적 검사 결과에 영향을 줄 수 있는 변인인 의학적, 신경학적, 정신과적, 혹은 심리학적 문제의 과거력이 없는 건강한 아동 및 청소년들이 연구에 포함되었다. 주의력이나 학습 문제 등의 이유로 특수반에 배정되어 있는 아동들, 표준화된 검사 시행을 방해할 수 있는 심각한 시각 장애나 신체장애 및 정신 및 발달 지체가 있는 아동들 및 검사 동안 집중하지 못한 14명은 연구에서 제외되었다. 남아가 373명(48.7%), 여아가 393명(51.3%)이었다. 규준집단의 대다수(95%)가 오른손잡이었다. 임상군은 서울대학교병원 소아정신과 외래에서 소아정신과의사의 면담과 임상심리전문가의 심리학적 평가에 의거하여 DSM-IV 기준을 충족시

Table 1. Age distributions of normative sample

	Total	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14-15
Boys(N)	373	33	39	32	39	31	32	53	44	30	40
Girls(N)	393	35	34	42	52	40	43	35	25	39	47
Total(N)	766	68	73	74	91	71	75	88	69	69	87

키는 ADHD로 진단받은 아동 80명으로 구성되었는데, 이들 중 46명은 검사 실시 당시 1개월 이상 약물을 복용하고 있었던 아동들이며, 이들 중 31명(67%)은 콘서트타(concerta)를 복용하고 있었고 콘서트타(concerta) 외에 페니드(penid), 또는 리스페리돈(risperidone)을 함께 복용하고 있는 아동이 각각 13명(28%)과 2명(5%)이었다. 나머지 34명은 병원에 처음 방문한 초진 환자들로 모두 약물을 복용하지 않은 상태였다.

2. 연구도구

1) 아동 색 선로 검사(Children's Color Trails Test, CCTT)

CCTT는 모두 연습 시행과 본 시행으로 구성되어 있다. 연습 시행에서 검사 방법을 충분히 이해하면 본 시행을 실시하였다. 검사자는 시작 전에 피검자에게 연필의 중간을 잡은 채로 연필을 종이에서 떼지 않고 가능한 빨리 원 사이를 연결하도록 지시하였으며 시작 전에 항상 시작점과 끝나는 지점을 알려주었다.

CCTT 1형(CCTT-1)은 기존의 선로 잇기 검사 A형과 동일하게 숫자 순서대로 찾아 잇는 것이고 (1 → 2 → 3 ...), CCTT 2형(CCTT-2)은 숫자 순서대로 연결하되 색(분홍색1 → 노란색2 → 분홍색3...)을 번갈아 가면서 연결해야 한다. 수행 중에 스스로 오류를 수정(근사 오류)하지 못하고 오류를 범하게 된다.

이때 오류는 원의 색깔에 상관없이 다음 숫자로 연결하지 못한 '숫자 순서 오류(number sequence error)'와 원의 숫자 순서와 상관없이 같은 색의 원으로 연결하는 경우인 '색 순서 오류(color sequence error)'로 나눌 수 있다

검사자는 즉시 피검자에게 틀렸다고 알려주어 다시 연결하도록 한다. 만약 10초 이상 연결하지 못하고 있으면 검사자가 연결할 곳을 알려준다(촉진). 검사를 시작해서 완성할 때까지의 완성시간(초)과 각종 오류 수가 검사의 측정치가 된다. 간접 지표는 비율 지표와 차이 지표 두 가지를 사용하였다. 비율 지표는 CCTT-1과 CCTT-2에 소요되는 완성 원 점수를 가지고 계산하였고[비율 간접 지표=(CCTT-2 완성시간 원점수-CCTT-1 완성시간 원점수)/CCTT-1 완성시간 원점수], 차이 간접 지표는 CCTT-2와 CCTT-1의 완성시간 원점수의 차이로 계산하였다.

2) 스트룹 검사 Stroop test)

스트룹 검사는 CCTT의 공존 타당도를 알아보기 위하여 실시되었다. 이는 미국의 실험 심리학자 Stroop¹²⁾이 색을 읽는 것과 색 이름을 읽는데 있어서 일어나는 간섭 현상의 발

달적 연구를 하기 위해 고안해낸 검사로, 본 연구에서는 찰스 고든 박사¹³⁾가 개발한 아동용 스트룹 색상 단어 검사 (Stroop Color Word Test)를 신민섭과 박민주¹⁴⁾가 국내에서 표준화한 검사를 사용하였다. 이 검사의 2주 간격으로 실시한 검사 재검사 신뢰도는 단어 점수 .76, 색상 점수 .66, 색상-단어 점수는 .72였다. 본 Stroop 검사의 실시 방법은 다음과 같다. 빨강, 초록, 파랑이라는 색이 없는 글자가 적혀진 단어카드(W), X표시로 빨강, 초록, 파랑의 색이 칠해진 색채 카드(C), 글자와 실제 글자의 색깔이 일치하지 않는 자극이 제시된 카드(예, 빨강이라는 글씨 파랑색이 칠해져 있는 식 : CW)를 가지고 실시하게 되는데, 스트룹 검사에서는 단어의 뜻과 상관없이 색상에만 반응하여야 한다. 검사의 측정치는 45초 내에 읽어 내려간 글자의 수이며 색상-단어카드의 글자 수(CW)에서 색상 카드의 글자수(C)를 뺀 것이 간섭점수가 된다.

3. 연구 방법 및 절차

규준 집단에 포함된 아동의 경우, 학교장과 학년 주임 및 학급 담임을 통해 부모의 허락을 얻은 후 실시하였다. 4~6명의 검사자가 해당 학교의 독서실 혹은 학습실에서 1:1로 검사를 실시하였다. 검사자는 임상 심리학 석사 학위 취득 후 모두 소아 임상 심리학 영역에서 1년 이상의 임상 수련 경험이 있는 8명으로 구성되었다. 임상 집단의 아동의 경우 소아 정신과 외래 심리 검사실에서 개별적으로 검사를 실시하였다.

아동에게 검사를 실시하기에 앞서 검사자들은 검사 실시 및 채점 절차를 숙지하여 익숙해질 때까지 훈련하였다. 검사를 시작해서 완성할 때까지의 완성시간(초)과 오류 수가 검사의 측정치이므로 검사실시나 채점은 비교적 간단하다. 미국의 원저자도 CCTT의 검사자간 신뢰도를 산출하지 않았지만, 본 연구에서는 각 검사자가 채점한 검사 원자료를 본 연구자가 재검토하여 채점 상의 오류를 재확인하는 절차를 거쳤다.

4. 자료 분석

통계적 검증은 SPSS for Windows(version 12.0)을 이용하였다. 공존 타당도를 알아보기 위하여 스트룹 검사와의 상관계수를 산출하였으며 구성 타당도를 알아보기 위하여 요인분석을 실시하였다. 변별타당도 검증을 위해 임상 집단과 정상 집단 간에 CCTT의 수행 차이가 있는지를 ANOVA로 검증하였다. 또, 성별과 CCTT의 관계를 분석하기 위해 t-검증을 사용하였다. CCTT의 신뢰도를 알아보기 위하여 2주 간격으로 검사-재검사 신뢰도를 산출하였다. 또한, 상관분석(correlation analysis)을 통해 CCTT와 유의미한 상관

을 갖는 인구통계학적 변인들을 확인한 후 유의미한 변인들을 기준으로 기술 통계치를 산출하였다.

결 과

1. 타당도와 신뢰도

1) 타당도

(1) 공존 타당도

스트룹 검사는 친숙한 반응을 억제하고 주의 분산을 억제하는 능력, 하나의 지각 세트로부터 다른 세트로 전환하는 능력 및 선택적 주의력과 같은 전두엽 기능을 평가하는 대표적인 신경심리 검사이므로¹⁵⁾ CCTT의 공존 타당도를 알아보기 위하여 스트룹 검사와의 상관계수를 산출하였다. 분석 결과, CCTT-1 완성시간과 스트룹 검사의 단어, 색상 및 색상 단어 점수와의 Pearson 상관 계수는 각각 $-.37(p<.001)$, $-.28(p<.001)$, $-.39(p<.001)$ 로 유의미한 부적 상관을 보였다. CCTT-2의 경우에도 CCTT-2 완성시간과 스트룹 검사의 단어, 색상 및 색상 단어 점수와의 Pearson 상관 계수가 각각 $-.51(p<.001)$, $-.48(p<.001)$, $-.48(p<.001)$ 로 유의미한 부적 상관을 보였다. 이는 CCTT가 주의력을 포함한 전두엽 실행기능을 타당하게 측정하고 있다는 것을 반영해주는 것으로, CCTT의 타당도를 입증해주는 결과이다.

(2) 구성 타당도

① 요인 분석

CCTT가 측정하고자 하는 타당한 내적 구조로 구성되어 있는지를 검증하기 위하여 요인분석을 실시하였다(Table 2). 우선, 기준 집단에서 얻어진 CCTT의 모든 변인들의 점수들에 대해 최대우도법(maximum likelihood)을 실시하였다.

Table 2. Factor analysis of Children's Color Trails Test variables in the normative sam-ple (N=766)

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CCTT-2 total time	.99		
CCTT-1 total time	.78		
CCTT-2 prompt	.47		
CCTT-2 color sequence error	.41		
CCTT-2 number sequence error	.22		
Interference index		.78	
CCTT-2 near-miss		.27	
CCTT-1 prompt	-.04	-.13	-.02
CCTT-1 number sequence error			.34
CCTT-1 near-miss			.23

CCTT-1 : children's color trails test 1, CCTT-2 : child-ren's color trails test 2

스크리 검사(scree test)과 고유치(eigenvalue)(예, 고유치가 1 이상인 요인들)에 입각하여 세 요인이 추출되었고 사각 회전(quartimax)을 통해 최종적으로 3요인 구조가 산출되었다(Table 2). 3개 요인이 설명하는 총 변량은 50.33%로 나타났다. 요인 1은 CCTT의 두 가지 완성시간과 CCTT-2의 색 순서 오류와 숫자 순서 오류 및 촉진변인에서 높은 부하량을 보였는데, CCTT-1의 완성시간을 제외하고 CCTT-2와 관련된 변인으로 구성되어 있는 바 '시각 추적 능력과 인지적 융통성(visual tracking and cognitive flexibility)' 요인으로 명명하였다. 요인 2는 간섭 지표와 더불어 CCTT-2의 근사 오류에서 상대적으로 높은 요인 부하량을 보였다. 이는 '주의분산 및 간섭 취약성(distractibility and susceptibility to interference)' 요인으로 명명하였다. 요인 3은 비교적 난이도가 쉬운 CCTT-1에서 범하는 숫자 순서 오류와 근사 오류들로 구성되어 있는 바 '단순 주의력(simple attention) 및 충동성(impulsivity)' 요인으로 명명하였다. CCTT-1의 촉진 변인의 경우에는 낮은 요인 부하량을 보여 어느 요인에도 속하지 않아 요인에서 제외하였는데, 이는 비교적 난이도가 쉬운 CCTT-1을 수행하는 데 있어 10초 이상 연결하지 못하는 경우는 발생 빈도가 매우 드물었기 때문으로 여겨진다.

② 발달적 변화

연령이 증가함에 따라 CCTT 점수가 향상된다는 것은 중앙 신경 체계의 성숙 및 이와 관련된 기능이 발달하고 있음을 반영하는 결과이다.¹⁶⁾ 연령이 증가함에 따라 CCTT의 완성시간이 전반적으로 감소하는 패턴을 보인다면 이는 곧 발달적 성숙의 지표를 반영하는 구성 타당도를 입증하는 결과로 해석할 수 있다. 그림 1을 보면, CCTT-1의 경우 5세에서 7세 사이에, CCTT-2의 경우에는 5세에서 8세에 이르기까지 완성시간이 급격히 감소하여 각각 7세와 8세가 되면 5세의 1/2수준으로 수행 속도가 빨라지는 것을 알 수 있다. 또한, 각 오류수도 연령이 증가함에 따라 점차로 감소하는 경향이 나타나고 있다. 이는 CCTT의 수행을 더 빠르게 하는데 필요한 주의력, 손 근육 운동과 실행기술이 증가함으로써 연령의 증가에 따른 신경학적 발달에 수반된 인지 성숙도를 포착하는데 있어 CCTT가 민감하고 타당한 검사임을 나타내주는 결과이다. 또한 한국 정상 기준 집단 아동을 대상으로 한 CCTT의 구성 타당도를 입증해주는 결과이다.

(3) 변별 타당도

CCTT가 임상 집단을 정상 집단으로부터 잘 변별해낼 수 있는 지를 알아보기 위하여 임상 집단과 정상 집단 간에 CCTT의 완성시간과 오류수의 평균치 상에서 유의미한 차이가

Table 3. Means and standard deviation (SD) of Children's Color Trails Test by group

Variables	Normal group (N=43) ¹⁾	ADHD on medication (N=46) ²⁾	ADHD drug-free (N=34) ³⁾	F	Post-hoc (Scheffe)
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)		
Age	8.9 (2.6)	9.0 (2.1)	9.6 (2.1)	1.02	
CCTT-1					
Total time (second)	16.9 (3.3)	23.4 (13.2)	29.1 (19.5)	8.23 [†]	1<3
Number sequence error	0.0 (0.2)	0.0 (0.2)	0.1 (0.3)	0.87	
Near-miss	0.1 (0.4)	0.2 (0.5)	0.1 (0.5)	0.65	
Prompt	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.5)	1.30	
CCTT-2					
Total time (second)	46.2 (12.9)	52.9 (19.8)	71.7 (34.6)	12.11 [†]	1,2<3
Color sequence error	0.4 (0.7)	0.6 (0.9)	1.2 (1.1)	7.08 [†]	1,2<3
Number sequence error	0.2 (0.2)	0.2 (0.1)	0.1 (0.3)	2.40	
Near-miss	0.5 (0.6)	0.5 (0.8)	0.6 (0.8)	0.38	
Prompt	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.1 (0.7)	1.30	
Ratio interference	1.7 (0.5)	1.5 (0.9)	1.6 (0.7)	1.09	
Difference interference	29.3 (10.7)	29.4 (20.3)	42.6 (21.2)	6.78*	1,2<3

ADHD : attention-deficit hyperactivity disorder, CCTT-1 : children' color trails test 1, CCTT-2 : children' color trails test 2, * : p<.01, † : p<.001

있는지를 알아보았다(Table 3). ADHD군을 약물 복용군과 약물 비복용군으로 나누어서 수행을 비교하였던 미국 기준 연구¹⁶⁾에 따라 본 연구에서도 정상 집단군과 ADHD 약물 복용군, ADHD 약물 비복용군 세 집단 간에 CCTT의 수행을 비교하였다. 세 집단 간 연령의 차이는 유의미하지 않아 연령이 척도 점수에 미치는 영향을 추가적으로 분석하지 않았다. 분석 결과, 세 집단은 CCTT-1 완성시간[F(2,123)=8.23, p<.001]과 CCTT-2 완성 시간[F(2,123)=12.11, p<.001] 모두에서 유의미한 집단 간 차이를 보였다. 사후 검증 결과 CCTT-1 완성시간은 ADHD 약물 비복용군과 정상군 간의 차이만 존재하였으며, CCTT-2 완성시간은 ADHD 약물 비복용군이 정상군 및 ADHD 약물 복용군과 유의미한 차이를 보였다. 즉, 약물을 복용하지 않은 ADHD군에서 CCTT-1과 CCTT-2의 완성 시간이 가장 길었다. 뿐만 아니라, CCTT-2의 색 순서 오류도 세 집단 간 유의미한 차이가 나타났는데, [F(2,123)=7.08, p<.001] 사후 검증 결과 역시 약물을 복용하지 않은 ADHD군이 CCTT-2의 색 순서 오류를 유의미하게 많이 보였다. 이는 CCTT가 정상군과 약물 비복용 ADHD군 간을 타당하게 변별함을 보여주는 결과이다. 공존 타당도와 변별 타당도가 모두 유의미한 결과로 나온 것은 CCTT의 구인 타당도를 입증해주는 결과이다.

2) 신뢰도

CCTT는 속도를 재는 검사이기 때문에 시간적 안정성을 알아보는 것이 그 신뢰도를 산출하는 적절한 방법의 하나이다. CCTT-1과 CCTT-2의 완성시간 원점수에 대해서 검사 재

검사 신뢰도를 산출한 결과, CCTT의 시간적 안정성 계수는 CCTT-1의 경우 .50(p<.001), CCTT-2는 .75(p<.001)로 두 검사 모두 통계적으로 유의미한 상관을 보였다. CCTT-1과 CCTT-2의 신뢰도 계수를 비교해 본 결과, CCTT-2가 CCTT-1에 비하여 상대적으로 높은 신뢰도 계수를 보였다.

2. 연령별 기준 산출

1) 인구 통계학적 변인과 CCTT의 관계

연령이 CCTT 수행에 미치는 영향을 알아보기 위하여 연령 변인과 CCTT 점수간의 Pearson 상관 계수를 산출하였다. CCTT의 완성시간은 CCTT-1과 CCTT-2 모두 연령과 유의미한 상관이 있었으며[r(766)=-.59, p<.001 ; r(766)=-.72, p<.001], 근사오류를 제외한 각 오류 점수들도 연령과 높은 상관관계를 보이고 있었다. 즉, 연령이 증가할수록 CCTT의 완성 시간은 짧아지고 오류 수는 줄어드는 것으로 나타났다. 성별이 CCTT 수행에 미치는 영향을 알아보기 위하여 성별에 따라 CCTT의 수행이 차이가 있는지를 t-검증을 통하여 알아본 결과, 대부분의 CCTT 변인들은 성별에 따라 유의미한 차이를 보이지 않았다. 단, CCTT-2의 색 순서 오류(df=764, t=3.104, p=.002)의 경우 성별에 따라 유의미한 차이를 보였다. 추가로 분석해 본 결과 남아가 여아에 비하여 CCTT-2 색 순서 오류를 더 많이 범하였다[F(1,766)=9.576, p<.001].

2) 연령별 CCTT의 평균과 표준편차

다음은 각 변인별 원점수를 기준 점수인 T-점수로 전환

Table 4. Mean and standard deviation of Children's Color Trails Test variables for the normative sample by age

Variables	Age	5 (n=68)	6 (n=73)	7 (n=74)	8 (n=91)	9 (n=71)	10 (n=75)	11 (n=88)	12 (n=69)	13 (n=69)	14-15 (n=87)
		Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
CCTT-1 total time (second)		43.43 (14.74)	34.41 (13.00)	24.43 (7.83)	22.34 (7.00)	20.87 (6.08)	17.55 (5.00)	18.76 (6.35)	19.09 (7.43)	18.42 (5.51)	15.01 (5.36)
CCTT-1 number sequence error		.15 (.49)	.12 (.37)	.05 (.23)	.09 (.32)	.01 (.12)	.03 (.16)	.06 (.23)	.04 (.20)	.02 (.12)	.05 (.21)
CCTT-1 near-miss		.15 (.50)	.23 (.66)	.27 (.53)	.12 (.44)	.11 (.32)	.21 (.55)	.19 (.45)	.23 (.52)	.09 (.33)	.15 (.42)
CCTT-1 prompt		.05 (.12)	.07 (.30)	.00 (.00)	.00 (.00)	.00 (.00)	.00 (.00)	.00 (.00)	.00 (.00)	.00 (.00)	.00 (.00)
CCTT-2 total time (second)		102.16 (31.13)	83.08 (25.50)	60.82 (15.26)	53.48 (12.80)	48.50 (14.59)	43.10 (12.00)	42.05 (11.71)	40.40 (10.90)	34.74 (6.84)	31.00 (7.18)
CCTT-2 color sequence error		1.32 (1.39)	1.20 (1.20)	.69 (.94)	.60 (.99)	.41 (.67)	.47 (.72)	.36 (.66)	.54 (.76)	.28 (.54)	.21 (.44)
CCTT-2 number sequence error		.12 (.33)	.07 (.25)	.00 (.00)	.08 (.31)	.01 (.12)	.07 (.30)	.03 (.18)	.03 (.24)	.00 (.00)	.00 (.00)
CCTT-2 near-miss		.40 (.60)	.70 (.92)	.73 (.88)	.62 (.79)	.62 (.83)	.87 (.84)	.43 (.64)	.46 (.75)	.41 (.60)	.44 (.69)
CCTT-2 prompts		.32 (.68)	.21 (.44)	.11 (.31)	.07 (.25)	.04 (.20)	.01 (.12)	.05 (.21)	.04 (.21)	.00 (.00)	.00 (.00)

CCTT-1 : children's color trails test 1, CCTT-2 : children's color trails test 2

하기 위해 정상 기준 집단의 각 변인별 원점수 평균과 표준편차를 산출하였다(Table 4). CCTT-1의 완성시간[F(9, 766)=64.52, p<.001], CCTT-2의 완성시간[F(9, 766)=106.30, p<.001], CCTT-2의 색 순서 오류[F(9, 766)=12.21, p<.001]와 숫자 순서 오류[F(9, 766)=3.11, p<.01]에서 모두 연령에 따른 차이가 유의미하였다. 연령이 증가함에 따라 아동들이 CCTT-1과 CCTT-2를 더 빠르게 완성하며 오류 수 역시 감소하였다. CCTT-1은 7세가 되면 완성 시간이 5세의 1/2 수준이 되며 CCTT-2는 5세에서 8세에 이르기까지 완성시간이 급격히 감소하여 8세가 되면 5세의 1/2수준이 됨을 알 수 있다. 색 순서 오류의 경우 역시 5세부터 점차로 감소하여 7세에는 5세의 1/2 수준으로 오류 수가 감소하며 이후로도 연령이 증가함에 따라 오류 수는 점차로 감소하는 경향을 보이고 있다(Fig. 1). 축진의 경우 CCTT-1에서는 8세 이후로 거의 나타나지 않으며, CCTT-2에서는 13세 이후로는 거의 나타나지 않았다.

3) 기준 점수 산출

10개 연령대 모두에서 CCTT-1과 CCTT-2의 완성 시간 원점수가 정상 분포를 보였으므로 CCTT-1과 CCTT-2의 완성 시간에 대한 기준 해석을 용이하게 하기 위해서 평균 50, 표준편차 10인 표준 점수(T 점수)가 산출되었다. 전체 기준 표본을 10개의 연령 그룹으로 나누었는데 14세와 15세 아동의 수가 타 연령대에 속하는 아동 수에 비하여 다소 적고 14세와 15세의 경우 점수 차가 거의 나지 않아 함께 묶어 기준점수를 제시하였다. 본 검사는 출판될 도구이므로

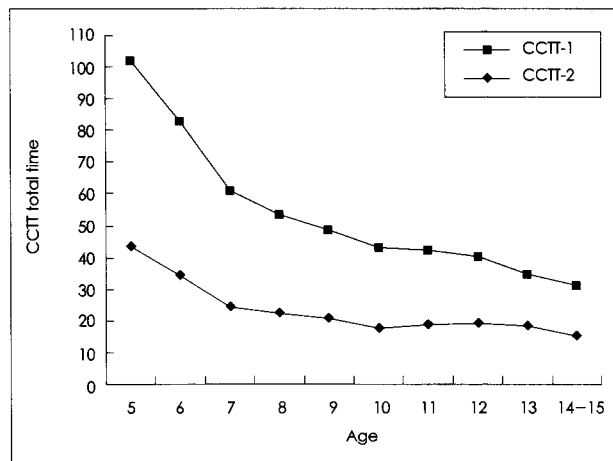


Fig. 1. CCTT-1 and CCTT-2 total time score for the normative sample. CCTT-1 : children's color trails test 1, CCTT-2 : children's color trails test 2.

로 연령별 기준은 본문에 추가로 제시하지 않았고 각 연령대 별 평균과 표준편차를 제시하였다. 기준점수인 T-점수는 다음의 공식에 입각하여 산출할 수 있다.

$$T \text{ 점수} = 50 + 10 \times \left[\frac{\text{피검자의 원 점수} - \text{기준집단의 평균}}{\text{기준집단의 표준 편차}} \right]$$

고 찰

본 연구의 목적은 문화와 언어적 영향을 최소화하고 실시 및 채점 절차를 강화하여 아동에게 신뢰롭고 타당하게 실시할 수 있도록 개발된 CCTT의 신뢰도와 타당도를 입증하

고 한국 기준을 개발하기 위한 것이다.

본 연구에서는 CCTT와 스트룹 검사 간에 유의미한 상관을 보여 CCTT가 주의력 변형과 억제 기능과 관련된 전두엽 기능을 측정하는 타당한 검사인 것으로 나타났다. 주목할 만한 점은 CCTT-2가 CCTT-1보다 스트룹 검사와 상관성이 더 높았던 결과이다. CCTT-1은 지각 추적, 지속적 주의력과 쓰기 운동 기술이 요구되는 반면, CCTT-2는 색과 숫자 순서를 교대로 연결해야 하는 능력이 추가적으로 요구되기 때문에 앞의 세 가지 기술에 더하여 분할 주의력, 순차적 처리 능력과 억제-탈억제 능력이 요구된다. 특히, CCTT-2에서 요구되는 순차적 처리 및 범주들 간을 교대로 이동하여 움직이는 능력은 친숙한 반응을 억제하고 보다 새롭고 복잡한 반응을 하는 것을 요구하기 때문에 CCTT-1보다 CCTT-2의 수행이 더욱 전두엽기능과 연관된다. 따라서, 전방대상피질(anterior cingulate cortex)의 전전두엽 기능과 관련된 스트룹 검사가 CCTT-1보다 전두엽 기능에 더욱 민감한 CCTT-2와 상관성이 높은 것으로 나타난 것은 CCTT-2가 전두엽 기능을 측정하는 보다 타당한 검사임을 입증해주는 것이다. 주목할 만한 점은 선행 연구에서 TMT-B와 스트룹 검사와의 상관성이 중등도의 상관만을 보이고 있었던 것에 비하여¹⁷⁾ 본 연구에서는 스트룹 검사와 CCTT-2와의 상관성이 .48~.51로 상대적으로 더 높은 상관성을 보인 점이다. 이는 두 가지의 설명이 가능하다. 첫째, CCTT와 Stroop이 모두 색상에 주의가 활성화 되어야 하는 유사한 인지적 기제가 작용하고 있기 때문으로 볼 수 있다. 둘째, CCTT-2가 TMT-B에 비하여 '충동성' 및 '억제 기능의 장애' 즉 스트룹 효과와 밀접하게 관련되어 있음을 반영하는 결과로 볼 수 있다. TMT-B에 비하여 CCTT-2와 스트룹 검사의 상관 계수가 높게 나타난 본 연구 결과는 CCTT-2가 어느 면에서는 TMT-B와 질적으로 다른 검사로서 해석되어야 할 필요가 있다는 Spreen과 Strauss¹⁸⁾의 가설을 지지해주는 결과로 생각된다.

CCTT의 요인 타당도를 알아보기 위하여 요인 분석을 실시한 결과 3요인이 추출되었다. 요인 1은 CCTT의 두 가지 완성시간과 CCTT-2의 색 순서 오류와 숫자 순서 오류 및 촉진변인이 높은 부하량을 보인 '시각 추적 능력과 인지적 유연성' 요인이며, 요인 2는 간섭 지표와 더불어 CCTT-2의 근사오류로 구성된 '주의분산 및 간섭 취약성' 요인이고, 요인 3은 CCTT-1의 숫자 순서 오류와 촉진 오류들로 구성되어 있는 바 '단순 주의력과 충동성' 요인이다.

또한 본 연구에서는 아동의 연령이 CCTT 수행에 영향을 미치는 유일한 변인으로 나타났으며, CCTT-2의 색 순서 오류를 제외하고는 성별은 CCTT의 수행에 유의미한 영향

을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는 성별이 TMT 수행의 단 1%만 설명한다고 주장하였던 Heaton 등¹⁹⁾의 연구와도 일치하는 것이다. 또한, CCTT-1과 CCTT-2 모두 연령이 높을수록 완성시간과 오류수가 유의미하게 감소는 패턴을 보였는데 이는 기존의 TMT 및 CCTT의 연구 결과들과도 일치하는 결과이다.²⁰⁾ CCTT의 완성시간은 연령이 증가함에 따라 유의미하게 감소하였는데, 특히 5세에서 8세 사이에 급격하게 완성 시간이 감소하며 그 이후인 14세와 15세 까지도 점차적으로 감소하는 패턴을 보이고 있었다. 이는 5세에서 8세 사이에 아동들의 전두엽 실행기능과 시각-운동 협응 능력이 급격하게 발달함을 시사하며, 동시에 전두엽 기능이 8세 뿐만 아니라 그 이후까지 지속적으로 발달하는 것을 보여주는 결과이다.¹⁹⁾ CCTT는 완성시간 뿐만 아니라 오류수도 연령과 유의미한 상관을 보였다. 또한, 이는 성인 및 노인을 대상으로 한 TMT 연구 결과에서 완성 시간은 연령과 유의미한 상관은 있었지만 오류 수는 연령과 유의미한 상관을 보이지 않았던 연구 결과²¹⁾와 상반된다. 이는 성인 및 노인과 구별되는 아동의 독특한 인지적 특성을 반영하는 결과로 여겨진다.

색 순서 오류의 연령에 따른 수행 패턴을 보면, 7세 이후로는 급격하게 감소하여 7세의 1/2 수준으로 감소하며 연령이 증가함에 따라 점차로 감소하는 경향을 보였다. 촉진의 경우 CCTT-1에서는 8세 이후로 CCTT-2에서는 13세 이후로는 거의 나타나지 않았다. 이는 아동의 경우에는 성인과 달리 인지 기능상의 손상으로 인한 오류 이외에도 정상적인 발달 과정에서 오류를 범하는 것이 정상적인 범위에 속하는 경우가 많다.²²⁾ 아동의 뇌가 가지치기(pruning) 과정을 반복하며 16세까지 지속적으로 발달해가는 과정 중에 있다²³⁾는 점을 감안하면 오류 지표가 이러한 뇌 발달의 특성을 반영하고 있는 것으로 보인다.

이는 오류 지표가 추후 발달학적 지표로의 해석 가능성을 가지고 있음을 시사하는 것으로 생각된다.

본 연구에서는 또한, 남아가 여아에 비하여 CCTT-2의 색 순서 오류를 유의미하게 많이 보이는 경향이 있었다. 이는 TMT에서는 오류와 성별 간에 유의미한 상관을 보이지 않았던 기존의 연구 결과와 상반되는 결과이다.²⁴⁾ 전두엽 기능 손상과 밀접하게 관련 있는 장애로 알려져 있는 ADHD의 유병률과 증상에서도 성차가 있는 것으로 추측되는데, ADHD 여아의 경우 ADHD 남아에 비하여 ADHD 부주의형인 경우가 많으며, 품행 장애와 반항성 장애가 동반될 가능성이 낮다.²⁵⁾ 또한 색 순서 오류가 빠르게 수행하고자 자극의 배경색을 충분히 훑어보지 않은 채로 숫자의 오름차순으로 연결하고자 하는 일종의 '충동성' 과도 관련이 높다는 것을 고려하

면, CCTT에서 색 순서 오류 발생빈도의 성차는 충동성이나 행동 억제 능력의 발달 양상에 있어 성별 간 차이가 있음을 시사해 준다.

본 연구에서는 약물 복용하지 않은 ADHD 군이 정상군에 비하여 유의미하게 완성시간이 길고 오류수도 많아 임상군의 변별 시 CCTT가 적절한 변별 타당도를 보였다. 이 결과에서 주목할 만 한 점은 약물 복용 ADHD 아동의 수행이 정상 집단의 수행과 거의 차이가 없었다는 것이다. 이는 ADHD 치료 시 복용하는 약물이 ADHD의 인지기능 향상에 유의미한 영향을 미친다는 것을 보여주는 결과로 선행 연구와도 일치하는 결과이다. Kempton 등²⁶⁾은 ADHD의 치료제인 중추 신경 흥분제를 복용한 ADHD 아동의 인지 기능을 알아본 결과, ADHD 약물 복용군이 ADHD 약물 비복용군에 비해 실행 기능이 더 우수하다고 보고하고 있다. 메틸페니데이트(methylphenidate) 용량 증가에 따른 ADHD 아동들의 인지 기능의 변화를 연속 수행 검사(Continuous Performance Test, CPT)를 통해 종단적으로 알아본 결과 메틸페니데이트의 용량에 따라 충동성과 부주의가 감소되는 연구 결과도 보고되었다.²⁷⁾ Boonstra 등²⁸⁾은 메틸페니데이트가 CPT의 수행 속도 보다 오류수의 감소와 더 높은 관련이 있고 억제 기능을 개선시키는 효과가 있다고 제시한 바 있다. 특히, 본 연구의 ADHD 약물 복용군 아동들의 경우 대다수의 아동들이 콘서트타(concerta)를 복용하고 있었던 바 본 연구 결과는 Wilson 등²⁹⁾의 연구 결과와 마찬가지로 콘서트타(concerta)가 인지 기능을 개선시키는 데 효과가 있다는 것을 입증하는 결과로도 여겨진다. 즉, ADHD 약물 복용군이 정상군과 유사한 수행을 보였던 것은 이러한 ADHD 치료 약물의 효과를 반영하는 것으로 보인다. CCTT가 약물의 효과에 민감한 검사로서 약물 효과를 종단적으로 알아보는 연구에 유용하게 사용될 수 있음을 시사하는 결과이다. 게다가 CCTT는 약물 효과를 평가하기 위해 기존에 자주 사용되었던 CPT 등의 신경심리평가에 비하여 훨씬 실사가 간편하고 검사 시간이 5분여의 짧은 시간이 소요된다. 추후 각 진단군의 약물 종류, 용량, 복용 기간 및 증상의 심각도에 따른 인지기능의 변화를 평가하는데 보다 경제적이고 용이하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 CCTT는 한국 아동을 대상으로 사용하기에 신뢰롭고 타당한 검사임이 입증되었다. 우선, CCTT검사의 검사-재검사 신뢰도가 유의미하게 나타나 시간의 변화에 신뢰로운 검사임을 보여주고 있다. 한편, CCTT-1과 CCTT-2의 신뢰도 계수가 차이를 보이고 있었는데 CCTT-2의 신뢰도 계수가 CCTT-1의 신뢰도 계수에 비하여 높게 나타나고 있다. 이는 CCTT-2가 개인간 인지 기능 차이에 민감하

게 영향을 받는 도구로서 그만큼 아동의 수행, 즉 점수의 변량이 증가되어 신뢰도도 그만큼 증가한 데 그 이유가 있었던 것으로 생각된다. 이는 곧 CCTT-2가 CCTT-1에 비하여 신경심리학적 기능상의 변화를 보이는 아동 집단을 구별해주는 보다 민감한 과제라는 것을 시사하는 결과로 해석된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, ADHD 집단 이외에 다양한 임상집단의 수행 특성을 비교하여 CCTT의 변별적 타당도를 폭넓게 검증하지 못하였다. 본 연구에서는 ADHD 아동들만 분석에 포함시켰으나, ADHD 아동 이외에도 학습 장애, 틱장애, 외상적 뇌손상 및 간질이나 의식손실을 동반한 폐쇄성 두부 손상과 같은 경도 신경학적 손상 환자들의 CCTT상의 수행 특성의 차이를 비교한 연구 결과들도 보고된 바 있다. Williams 등⁴⁾은 학습장애, 경도 신경학적 손상 및 ADHD와 학습장애를 동반한 환자군 순으로 CCTT 완성시간이 유의미하게 증가되는 경향이 관찰되었다고 한다. Spreen과 Strauss¹⁸⁾는 학습 장애군과 ADHD와 학습장애의 공존 질환군이 모두 CCTT와 TMT에서 모두 정상군에 비하여 완성 시간이 유의미하게 길다고 보고하였다. 따라서, CCTT의 해석적 유용성과 임상적 타당성을 높이기 위해서는 타 신경심리 검사와의 비교 및 다양한 연령층의 연구 결과의 비교와 더불어 CCTT를 사용한 폭넓은 임상 연구가 필요할 것이다. 둘째, 정상집단 아동의 선별 시 담임 교사 및 상담교사와의 일대일 면담 이외에 아동 청소년 행동 평가척도(Child Behavior Checklist)나 코너스 평정척도(Conners' Rating Scale) 등과 같은 척도를 통하여 아동의 기능 수준을 객관적으로 확인하지 못하였다. 셋째, CCTT의 공존 타당도를 검증하기 위하여 추후 연구에서는 스트룹 검사 이외에도 전두엽 기능을 측정하는 기타 다른 검사들과의 상관도 검증해 보는 것이 필요할 것이다. 넷째, 탐색적 요인분석으로 확인된 CCTT의 3 요인이 확인적 요인분석에서도 그 타당성이 지지되는지를 확인해보는 것이 요구된다. 본 연구의 제한점은 다음과 같다. 본 연구에서는 기존의 CTMT와 CCTT가 국내에서 동등한 검사로서 사용이 가능한지의 여부는 알 수 없었다. 알파벳순이나 가나다순의 글자 자극을 사용하는 CTMT-B과제의 경우 '알파벳송'과 같이 노래를 통하여 자동적으로 세트를 유지해나갈 수 있는 반면 분홍색 다음에 노란색을 이어야 하는 CCTT-2의 경우는 기존의 CTMT-B의 글자 순서와 같이 정해진 순서가 있는 것이 아니기 때문에 새로 학습한 규칙(분홍색 다음에 노란색)을 잘 기억해야 하는 전두엽 기능 중에서도 작업 기억(working memory)의 역할이 관여를 많이 한다. Dugbartey 등¹⁷⁾과 Maj 등⁹⁾ 역시 CTT-1과 TMT-A는 동형검사인 반면, CTT-2의 경우 TMT-B를 수행하는 데에는 다소 다른 인지 기능이

관여하고 있다고 하였고, Lee와 Chan³⁰⁾은 고연령-고학력 집단에서만 두 검사가 동형검사로서 기능을 한다고 하였다. 따라서, 국내에서 CCTT와 CTMT에 대한 해석을 똑같이 내릴 수 있는지를 규명하는 추후 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

결 론

아동 신경심리 검사에 대한 수요는 지속적으로 늘어나는 추세이지만 아동 신경심리 검사에 대한 한국 기준 연구 및 임상 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구는 CCTT의 국내 표준화 작업을 통하여 CCTT의 심리 측정적 특성을 밝혀내고 연령별 기준 및 신뢰도와 타당도를 검증하여 한국에의 임상적 적용가능성을 확인하였다. CCTT는 실시절차가 간편하면서도 아동의 신경심리기능을 평가하는데 상당히 신뢰롭고 타당한 검사로서 임상 현장에서 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구 결과들은 추후 아동용 신경심리 검사 개발의 필요성을 독려할 뿐만 아니라 향후 아동 연구나 임상적 평가에 유용한 지침이 되어줄 것이다.

중심 단어 : 아동 색 선로 검사 · 표준화 · 신뢰도 · 타당도.

References

- 1) Reitan RM. Validity of the trail making test as an indication of organic brain damage. *Percept Mot Skills* 1958;8:271-276.
- 2) Anderson CV, Bigler ED, Blatter DD. Frontal lobe lesions, diffuse damage, and neuropsychological functioning in traumatic brain-injured patients. *J Clin Experiment Neuropsychol* 1995;17:900-908.
- 3) Reitan RM. Trail making test results for normal and brain-damaged children. *Percept Mot Skills* 1971;33:575-581.
- 4) Williams J, Rickert V, Hogan J, Zolten AJ, Satz P, D'Elia LF, et al. Children's color trails. *Arch Clin Neuropsychol* 1995;10:211-223.
- 5) D'Elia LF, Satz P, Mathews A. Frontal lobe functioning in geriatric and non-geriatric samples. *J Clin Experiment Neuropsychol* 1989;11:918-932.
- 6) Bornstein MH, Kessen W, Weiskopf S. The categories of hue in infancy. *Science* 1976;191:201-202.
- 7) Gesell A, Ilg FL. *Infant and child development in the culture of today*. New York: Harper & Brothers;1943. p.121-125.
- 8) Gibson E. *Principles of perceptual learning and development*. New York: Appleton-Century-Crofts;1969. p.69-80.
- 9) Maj M, D'Elia LF, Satz P, Janssen R, Zaudig M, Uchiyama C. Evaluation of two new neuropsychological tests designed to minimize cultural bias in the assessment of HIV-1 seropositive per-

- sons: A WHO study. *Arch Clin Neuropsychol* 1993;8:123-135.
- 10) Laosa LM. Ethnic, socioeconomic and home influences upon early performance on measures of abilities. *J Educ Psychol* 1984;76:1178-1198.
- 11) Kaplan E. A process approach to neuropsychological assessment. In T. Boll & B. K. Bryant (Eds.), *Clinical neuropsychology and brain function: Research, measurement, and practice*. Washington, DC: American Psychological Association;1998. p.129-167.
- 12) Stroop J. Studies of interference in serial verbal reactions. *J Experiment Psychol* 1935;18:643-662.
- 13) Golden CJ. *The Stroop color and word test*. Chicago: Stoelting Company;1978.
- 14) Shin MS, Park MJ. *STROOP: Color and word test children's version for ages 5-14*. Seoul: Hakjisa;2007.
- 15) Lezak M. *Neuropsychological Assessment*. 3rd ed. New York: Oxford University;1995.
- 16) Llorente AM, Williams J, Satz P, D'Elia LF. *Children's Color trails test: professional manual*. Odessa. Psychological Assessment Resources;2003.
- 17) Dugbartey AT, Townes BD, Mahurin RK. Equivalence of the color trails test and trail making test in nonnative english-speakers. *Arch Clin Neuropsychol* 2000;15:425-431.
- 18) Spreen O, Strauss E. *A compendium of neuropsychological tests: administration, norms, and commentary* 2nd ed. New York: Oxford University;1998.
- 19) Heaton RK, Grant I, Mattheews CG. *Comprehensive norms for an expanded Halstead-Reitan Neuropsychological battery: Demographic corrections research findings and clinical applications*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources;1991.
- 20) Sattler JM. *Assessment of children: behavioral and clinical applications* 4th ed. San Diego: Author;2002.
- 21) Wahlin A, Hill RD, Winblad B, Backman L. Effects of serum B12 and folate status on episodic memory performance in very old age: a population-based study. *Psychol Aging* 1996;11:487-496.
- 22) Ruffolo IF, Guilmette TJ, Willis WG. Comparison of time and error rates on the trail making test among patients with head injuries, experimental malingeters, patients with suspect effort on testing, and normal controls. *Clin Neuropsychol* 2000;14:223-230.
- 23) Cassandra B, Cecil RR. A model of the development of frontal lobe functioning: findings from a meta-analysis. *Appl Neuropsychol* 2005;12:190-201.
- 24) Bornstein MH. *Developmental psychology: an advanced textbook* 2nd ed. Hillsdale: Erlbaum;1998. p.123-132.
- 25) Biederman J, Mick E, Faraone SV, Braten E, Doyle AE, Spencer T. Influence of gender on attention deficit hyperactivity disorder in children referred to a psychiatric clinic. *Am J Psychiatry* 2002;159:36-42.
- 26) Kempton S, Vance A, Maruff P, Luk E, Costin J, Pantelis C. Executive function and attention deficit hyperactivity disorder: stimulant medication and better executive function performance in children. *Psychol Med* 1999;29:527-538.
- 27) Sunohara GA, Malone MA, Rovet J, Humphres T, Roberts W,

- Tylor MJ. Effect of methylphenidate on attention in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD): ERP evidence. *Neuropsychopharm* 1999;21:218-228.
- 28) Boonstra AM, Kooij JJ, Oosterlann J, Sergeant JA, Buitellar JK. Does methylphenidate improve inhibition and other cognitive abilities in adults with childhood-onset ADHD? *J Clin Experiment Neuropsychol* 2005;27:278-298.
- 29) Wilson HK, Cox DJ, Merkel RL, Moore M, Coghill D. Effect of extended release stimulant-based medications on neuropsychological functioning among adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Arch Clin Neuropsychol* 2006;21:797-807.
- 30) Lee TMC, Chan CCH. Are trail making and color trails tests of equivalent constructs? *J Clin Experiment Neuropsychol* 2000;22:529-534.