

# 웹 기반 인지기능 훈련 프로그램의 개발과 효과성 검증\*

홍지윤, 허주연, 이경면, 이창훈, 김초복†

경북대학교 심리학과

본 연구는 영역 특수성 기반 작업기억 훈련 프로그램을 보완하여 웹 기반의 온라인 인지기능 훈련 도구인 Cognitive Control Training program(CCT-Program)을 개발하고, Cognitive Control Task(CCT)를 사용하여 훈련 효과를 검증하고자 하였다. 이를 위하여, D 지역 소재의 초등학교 및 중학교를 대상으로 CCT-Program을 통한 훈련을 8주간 실시하고, 훈련 전후에 CCT를 사전-사후검사로 시행하여 수행 변화를 확인하였다. 이를 위해, 사전검사의 각 과제 정확도를 기준으로 저-집단과 고-집단으로 구분하였고, 훈련 참여도에 따라 훈련집단과 통제 집단으로 구분하였다. 사전-사후검사 결과간 CCT 측정치의 일관성을 확인하였고, 언어 및 시공간 최신화 능력에서 사전검사 점수가 낮은 훈련집단에서 가장 큰 훈련효과가 나타났다. 한편, 선택적 주의, 억제 및 전환 능력에서 훈련효과가 관찰되지 않은 이유를 고찰하였다. 이를 바탕으로 웹 기반 CCT 및 CCT-Program의 다양한 활용 가능성을 제시하였다.

**주요어:** 웹 기반 인지훈련, CCT-Program, CCT, 학습역량

\* 이 연구에서 개발한 CCT 및 CCT-Program은 학술 연구 목적으로 사용할 수 있도록 제공하고 있음.

† 교신저자(Corresponding Author) : 김초복, 경북대학교 심리학과 교수, 대구광역시 북구 대학로 80, E-mail : ckim@knu.ac.kr

홍지윤, 경북대학교 박사과정(제1저자)

허주연, 경북대학교 박사과정(공동저자)

이경면, 경북대학교 박사수료(공동저자)

이창훈, 경북대학교 석사졸업(공동저자)

■ 최초투고일 : 2020년 2월 4일    ■ 심사마감일 : 2020년 7월 13일    ■ 게재확정일 : 2020년 7월 24일

## 1. 서론

인지기능의 훈련 효과에 관한 많은 선행연구들은 작업기억, 즉 정보를 능동적으로 유지하고 조작하는 능력이 독해나 추론, 암산과 같은 문제해결 능력의 핵심 기제로 작용하여 학습역량이나 작업성취와 밀접한 관계가 있다는 결과를 지속적으로 보고하고 있다(Ackerman, Beier, & Boyle, 2002; Bull & Scerif, 2001; Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004; Passolunghi & Siegel, 2001; Seigneuric, Ehrlich, Oakhill, & Yuill, 2000). 이러한 결과에 따라, 학습역량 향상을 위한 지속적인 작업기억 훈련이 필요할 뿐만 아니라(Alloway, Bibile, & Lau, 2013; Brehmer, Westerberg, & Bäckman, 2012; Shiran & Breznitz, 2011), 교육 현장과 결합되어 일상적으로 실시할 수 있는 작업기억 훈련이 중요하다는 주장이 제기되었다(Holmes & Gathercole, 2014; Sánchez-Pérez et al., 2018).

이러한 작업기억 훈련의 중요성을 바탕으로, 다양한 인지 훈련 프로그램이 사용되고 있으나(예, CogMed, Jungle Memory 등) 여러 연구들에서 훈련의 효과성에 대한 논란이 지속되었다(Melby-Lervåg & Hulme, 2013; Shipstead, Redick, & Engle, 2012). 그 원인으로, 인지적 영역 특수성을 고려하지 않은 훈련과제를 사용하였기 때문이라는 주장이 제기되었다(서희영, 김초복, 2014). 이러한 주장을 뒷받침하는 경험적 근거로서, 한 연구에서는 훈련의 효과성을 증가시키기 위해서 훈련에 포함되는 자극 정보의 양식(예, 시각, 청각, 공간 및 중다양식 등)과 기능 유형(예, 정보 유지 및 조작 등)에 따른 특수성을 고려하는 것이 중요하며, 이를 통해 작업기억의 다양한 측면이 향상될 수 있음을 확인하였다(이명진, 홍선주, 신경희, 김초복, 2015). 이에 더하여, 개인의 인지적 능력에 따

라 훈련 횟수 및 훈련과제의 난이도가 적응적으로 변화할 수 있도록 하여 훈련 지속을 위한 성취 동기를 높이고, 개인에 따라 적절한 수준으로 훈련을 반복하는 것이 중요한 것으로 보인다(이경면 외, 2019).

이를 바탕으로, 최근 이경면 외(2019)의 연구에서는 정보양식 및 기능 유형에 따라 다양한 과제로 구성된 아동용 작업기억 훈련 프로그램을 개발하여 지역 내 사회서비스 시설 이용 아동을 대상으로 훈련 효과를 확인하였다. 그 결과, 유지기능만을 훈련한 아동들과 달리 유지 및 조작기능을 훈련한 아동들에게서 두 기능이 모두 향상되는 것을 관찰하였고, 이를 통해 영역 특수성 기반 작업기억 훈련 프로그램이 현장에서 타당하게 활용될 수 있음을 확인하였다. 그러나, 이 연구에서 사전-사후검사를 위해 사용된 과제 및 훈련 프로그램은 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 첫째, 태블릿 PC를 활용한 오프라인 방식으로 연구를 진행하여 시간과 장소, 그리고 적용 대상의 범위가 한정되었기 때문에, 온라인으로 진행 가능한 훈련을 제공할 필요가 있다. 온라인 훈련은 정해진 기간 내에 공간적 제약을 덜 받으면서 다수의 개인들에게 최적화된 훈련을 유도할 수 있기 때문에(Beck, Hanson, Puffenberger, Benninger, & Benninger, 2010; Gathercole, Dunning, & Holmes, 2012; Klingberg, 2010; Sánchez-Pérez et al., 2018; Spencer-Smith & Klingberg, 2015), 기존의 영역 특수성 기반 훈련과제를 온라인 프로그램으로 개발 후 대규모 참가자에게 실시하여, 그 효과성을 확인하는 것이 필요하다.

둘째, 학습역량에 중요한 핵심 기능으로서 작업기억뿐만 아니라 유연한 사고와 행동을 위한 전환 능력, 그리고 현재 과제와 관련이 없는 정보 처리를 억제하는 능력이 목표지향적 행동을 가능하도록 하는데 핵심으로 알려져 있다(Blakey & Carroll, 2015;

Diamond & Lee, 2011). 특히, 학교를 비롯한 교육 현장에서 중요하게 다루어지는 다양한 적응적 측면과 집행기능 사이의 관련성을 고려할 때, 작업기억에 더하여 집행기능(executive functions) 하위 요인인 전환 및 억제 능력 수준을 향상시킬 수 있는 개입이 필요하다(Otero, Barker, & Naglieri, 2014; Riccio & Gomes, 2013).

셋째, 선행 연구들은 훈련의 효과가 다양한 개인차에 의해 조절된다고 보고하고 있는데, 이를 고려하는 것이 필요하다(Shah, Buschkuehl, Jaeggi, & Jonides, 2012; Studer-Luethi, Jaeggi, Buschkuehl, & Perrig, 2012; Zinke et al., 2014). 특히, 훈련 효과는 교육 수준 및 연령차와 같은 인구통계학적 변인의 영향을 거의 받지 않는 반면에 인지기능의 기저 수준에 따라 다르게 나타날 수 있다(Boron, Turiano, Willis, & Schaie, 2007; Jennings, Webster, Kleykamp, & Dagenbach, 2005; Titz & Karbach, 2014). 그러나 이경면 외(2019)의 연구에서는 사전 인지기능 수준의 차이에 따라 훈련 효과가 다르게 나타나는지를 확인하지 않았다.

따라서 본 연구는 온라인 기반의 훈련 프로그램 및 사전-사후 검사를 개발하고, 초등 및 중학생 참가자에게 이를 적용하여, 다음과 같이 이전 연구를 보완 및 확장하고자 하였다. 첫째, 기존 작업기억 중심의 훈련 프로그램에 전환 및 억제 능력을 위한 과제들을 추가한 훈련을 실시하여 훈련 효과를 확인하고자 하였다. 둘째, 사전검사 점수를 바탕으로 집단을 분류하여 집단 간 차이를 확인하고자 하였다. 셋째, 실험자의 관리하에 이루어지는 오프라인 훈련이 아니라 온라인으로 진행되는 훈련의 특성으로 인해, 훈련 참여도에 따라 성실하게 훈련에 참여한 훈련집단과 그렇지 않은 통제집단으로 구분하여 훈련의 효과를 검증하고자 하였다. 이러한 설계를 바탕으로, 사전검사 점수가 낮은 훈련집단의 참가자들에게서 더 큰 훈련

효과가 관찰될 것으로 예상하고 연구를 수행하였다.

## 2. 방 법

### 1) 연구대상

D 지역 소재의 초등학교 5·6학년 217명과 중학교 2학년 56명을 대상으로 참가자를 모집하였다. 해당 학생들의 담임 교사를 통하여 연구 내용 및 결과의 비밀 보장과 관련된 내용이 설명되어 있는 안내문과 동의서를 각 가정에 배부 후 연구 참여에 대한 학생 및 학부모의 동의 여부를 확인하였다. 연구 참여에 동의한 153명(초등학생 98명(남 48명, 여 50명), 중학생 55명(남 34명, 여 21명), 평균 연령 11.83세(SD=1.09))에 대해 사전-사후검사와 훈련 프로그램을 진행하였다. 이 중 검사에 포함된 일부 과제를 수행하지 않았거나 불성실하게 수행한 참가자들을 제외하여 각 검사별로 최대 110명(초등학생 74명(남 34명, 여 40명), 중학생 36명(남 24명, 여 12명), 평균 연령 11.77세(SD=1.04))이 분석에 포함되었다.

### 2) 연구도구

#### (1) 사전-사후검사

훈련 효과를 확인하기 위한 사전-사후검사 도구로서 주요 인지능력을 측정할 수 있도록 고안된 Cognitive Control Task(CCT)를 개발하여 사용하였다. CCT는 언어 최신화 측정을 위한 숫자 2-back 과제와 시공간 최신화 능력을 측정하기 위한 시공간 2-back 과제(McAuley & White, 2011), 선택적 주의 능력 측정을 위한 수반자극

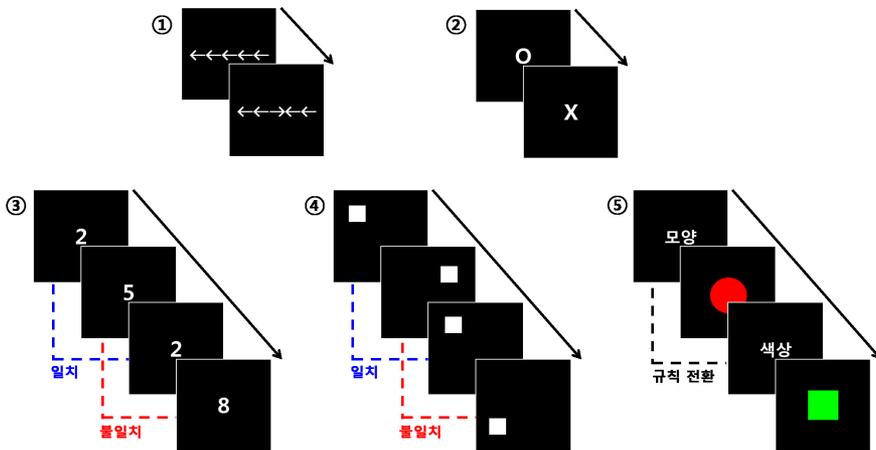
과제(Eriksen & Eriksen, 1974), 억제 능력을 측정하기 위한 Go/No-go 과제(Redick, Calvo, Gay, & Engle, 2011) 및 전환 능력을 측정하는 색상-모양 전환 과제(Mayr, 2001)로 구성되어 있으며, 모든 과제들은 아동용으로 수정하여 사용하였다. 각 과제 수행 전 과제 규칙에 대한 상세한 설명이 제공되고, 연습 과제를 통해 참가자가 규칙을 이해했는지를 스스로 확인한 후에 본 과제를 수행하는 순서로 진행되었다. CCT에 포함된 각 과제의 구성은 다음과 같다(<그림 1> 참조).

먼저, 숫자 2-back 과제에서는 검정색 바탕의 화면 중앙에 제시되는 1부터 8까지의 흰색 숫자를 매 시행 기억하여 현재 화면에 나타난 숫자와 두 시행 이전에 제시되었던 숫자가 동일한지 판단해야 했다. 과제는 총 50시행으로 구성되었고, 각 시행의 자극은 1,000ms동안 제시되었으며, 이후 2,000ms의 시행 간 간격 동안 고정점(‘+’)이 나타났다. 자극 제시 기간 동안 반응이 입력되면 자극 제시가 즉시 종료되도록 구성하였다. 참가자들은 현재 숫자와 두 시행 전의 숫자가 동일하면 ‘z’키, 동일하지 않으면 ‘m’키를 눌러 반응하도록

하였다.

시공간 2-back 과제의 경우 숫자 2-back 과제와 달리, 화면 중앙에 나타나는 고정점을 중심으로 8개의 위치 중 한 곳에 흰색 사각형 자극이 제시되었고, 참가자들에게 현재의 사각형 자극 위치가 두 시행 이전의 자극 위치와 동일한지에 대해 판단하도록 하였다. 과제 구성 및 규칙은 숫자 2-back 과제와 동일하였다.

선택적 주의 능력 측정을 위한 수반자극 과제(flanker task)는 다섯 개의 화살표 자극이 화면 중앙에 제시될 때 주변 화살표의 방향과 관계없이 목표자극인 가운데 화살표의 방향에 따라 반응하는 것이 필요하였다. 이 과제는 목표자극과 수반자극이 가리키는 방향이 일치하는 일치 조건(“← ← ← ← ←”, “→ → → → →”)과 불일치 조건(“← ← → ← ←”, “→ → ← → →”)으로 구성되었다. 이 때, 불일치 조건의 반응시간에서 일치 조건의 반응시간을 뺀 값으로 계산되는 간섭효과를 측정하였다. 시행 수는 총 97개로, 일치 시행과 불일치 시행이 약 1 : 1 비율로 제시되었다. 자극은 800ms 동안 제시되었고 자극 제시 기간



<그림 1> 사전-사후검사로 사용된 CCT 과제의 자극 예: ① 수반자극 과제, ② Go/No-go 과제, ③ 숫자 2-back 과제, ④ 시공간 2-back 과제, ⑤ 색상-모양 전환 과제

내에 반응을 하면 자극은 즉시 사라졌으며, 이후 2,000ms의 시행 간 간격 동안 고정점이 제시되었다. 참가자들은 목표자극의 방향이 왼쪽일 때 ‘z’키를, 목표자극의 방향이 오른쪽일 때 ‘m’키를 최대한 빠르고 정확하게 눌러야 했다.

억제 능력 측정을 위한 Go/No-go 과제는 화면 중앙에 흰색으로 짧은 시간 동안 제시되는 “O” 혹은 “X” 자극에 대하여 신속히 반응을 하거나 멈추도록 구성되었다. 즉, “O” 자극이 제시될 경우에는 스페이스 바를 최대한 빠르게 눌러 반응하고, “X” 자극이 제시될 때는 반응을 하지 않는 것이 요구되었다. 과제는 총 210 시행으로, 175개의 “O” 자극 시행과 35개의 “X” 자극 시행으로 구성되었다. 이때, “X” 자극 시행 전에 “O” 자극은 최소 3개에서 최대 9개까지 제시되어, 참가자가 “X” 자극이 제시되는 시점을 예상하지 못하도록 무선화하였다. 자극 제시 시간은 300ms이었고 자극에 반응하는 즉시 자극 제시가 종료되고 시행 간 간격(1,300ms)이 뒤이어 제시되었다.

전환 능력 측정을 위한 색상-모양 전환 과제(color-shape task switching)는 단서에 따라 자극의 색상 또는 모양에 대한 판단을 하도록 구성되었다. 즉, 화면 중앙에 “색상”이라는 단서가 제시된 직후에 나오는 시행에서는 자극이 빨간색인지 초록색인지, “모양” 단서가 제시된 다음에 제시되는 시행에서는 자극의 모양이 원인지 정사각형인지 판단하도록 요구되었다. 이 때, 동일한 과제가 시행 간 반복되는 반복 조건과 앞 시행과 다른 과제로 바뀌어 제시되는 전환 조건으로 구성되었다. 총 129 시행으로 구성된 과제에는 전환 시행과 반복 시행이 1 : 3 비율로 포함되었다. 과제 단서는 자극 제시 직전에 600ms동안 나타났고, 자극은 단서 제시 직후 1,500ms동안 제시되었으며 반응 이후 자극 제시가 종료되어 고정점이 나타나는 시행 간 간격은 600ms이었다. 참가

자들은 색상과제 단서가 제시될 때 빨간색 자극에 대해 ‘z’키, 초록색 자극에 대해 ‘m’키로 반응하고, 모양과제 단서가 제시될 경우에는 사각형일 때 ‘z’키, 원일 때 ‘m’키를 누르도록 지시 받았다.

## (2) 훈련 프로그램

작업기억에 더하여 집행기능 하위요인들에 대한 훈련을 위해, 작업기억 유지 및 조작, 억제 및 전환 기능에 대하여 다양한 정보양식으로 제시되는 훈련과제들이 포함된 새로운 프로그램(Cognitive Control Training program, CCT-Program)을 개발하여 사용하였다. 모든 훈련과제들은 개인 맞춤형 난이도 조절이 가능한 알고리즘이 적용되어 개인의 과제 수행 수준에 따라 과제별 난이도가 조절되었다(김초복, 2016). 이 중 9개의 유지기능 훈련과제와 6개의 조작기능 훈련과제는 선행연구에서 사용한 과제와 동일하였으며(이경면 외, 2019), 추가적으로 억제기능 및 전환기능 훈련과제가 각각 세 가지 포함되었다(<표 1> 참조). 유지기능 훈련과제에는 각 세 가지 유형의 언어/수 과제, 시공간 과제 및 중다양식 과제가 포함되었고, 조작기능 훈련과제에는 세 가지의 언어/수 과제 및 시공간 과제가 각각 포함되었다. 이에 더해 억제기능을 훈련하기 위해 언어/수 과제, 시각 과제 및 시공간 과제가 각 하나씩 포함되었으며, 전환기능 훈련을 위하여 언어/수 과제, 시공간 과제, 중다양식 과제가 하나씩 새롭게 포함되었다. 훈련 프로그램에 새롭게 추가된 과제에 대한 세부적인 내용은 다음과 같다.

먼저 억제기능 훈련을 위해 ‘정지 신호에 멈추기’, ‘선물 상자 찾아 멈추기’, ‘큰 수 찾기’가 포함되었다. ‘정지 신호에 멈추기’는 시공간 자극 양식을 사용한 훈련과제로, 5×5 매트릭스 내에서 파란색으로 제시되는 하나의 칸을 매 시행마다

<표 1> 회기별 CCT-Program 과제 구성

회기	과제명	기능	정보양식 <sup>a)</sup>	추가여부 <sup>b)</sup>	최대 소요시간
1	물고기 패턴 기억하기	유지	시공간	·	15분
	물고기 순서 기억하기	유지	시공간	·	15분
	물고기 순서 거꾸로 기억하기	조작	시공간	·	20분
2	숫자 순서대로 선택하기	조작	시공간	·	25분
	숫자 순서대로 따라가기	조작	시공간	·	25분
3	화살표와 단어 구분하기	전환	중다	추가	40분
4	글자 위치 맞추기	유지	중다	·	25분
	글자와 위치 순서 맞추기	유지	중다	·	25분
5	숫자와 위치 순서 맞추기	유지	중다	·	40분
6	홀수/짝수 구분하기	전환	언어/수	추가	40분
7	음식과 위치 순서 맞추기	유지	시공간	·	40분
8	규칙에 따라 구분하기	전환	시공간	추가	40분
9	글자 순서 맞추기	유지	언어/수	·	40분
10	글자 순서 거꾸로 맞추기	조작	언어/수	·	40분
11	정지 신호에 멈추기	억제	시공간	추가	20분
	선물 상자 찾아 멈추기	억제	시각	추가	40분
12	숫자 순서 맞추기	유지	언어/수	·	40분
13	숫자 순서 거꾸로 맞추기	조작	언어/수	·	40분
14	큰 수 찾기	억제	언어/수	추가	40분
15	음식 순서 맞추기	유지	언어/수	·	40분
16	음식 순서 거꾸로 맞추기	조작	언어/수	·	40분

a) 시공간: 시각적 정보(예: 색상) 또는 위치 정보로 제시, 중다: 언어/수 정보와 시공간 정보가 결합된 복합적인 형태로 제시, 언어/수: 언어 혹은 숫자 정보로 제시

b) 이경면 외(2019)에서 사용하지 않은 과제에 '추가' 표시

최대한 빠르고 정확하게 선택하도록 요구되었다. 이 때 일부 시행에서 파란색 칸의 테두리가 빨간색으로 변하게 되는데, 이는 정지신호로서 빨간색 테두리가 제시된 칸은 선택하지 않고 반응을 멈추는 것이 요구되었다. 과제 난이도는 매트릭스의 칸이 파란색으로 제시되는 시점과 정지신호가 나타나는 시점 간 간격을 의미하는 정지신호 지연(stop signal delay; SSD)에 따라 조절되었으며, 수행 단계가 올라갈 때마다 SSD가 증가하였다.

시각 양식을 사용한 '선물 상자 찾아 멈추기'는 화면 중앙에 선물 상자를 나타내는 대상 자극이 제시되면 최대한 빠르게 스페이스 바를 눌러 반응하거나 혹은 멈추어야 하는 과제이다. 과제가

시작되면 모든 선물 상자 그림에 대하여 빠르게 반응하는 반면, 과제의 각 단계 시작 전에 제시되었던 특정한 선물 상자 그림이 나타날 경우 반응하지 않아야 했다. 과제의 난이도가 올라갈수록 반응을 해야 하는 자극 종류의 수가 증가하였으며, 단계가 상승할 때마다 추가된 선물 상자 그림과 반응하지 않아야 하는 선물 상자 그림의 유사성이 증가하도록 구성하였다.

언어/숫자 정보를 사용한 '큰 수 찾기'에서는 화면 중앙에 제시된 두 개의 숫자 색상에 따라 각 다른 규칙을 적용하여 반응해야 했다. 구체적으로, 숫자가 빨간색일 경우 두 숫자의 시각적 크기를 판단하고, 파란색으로 제시될 경우에는 의미적

크기를 판단하도록 하였다. 두 가지 모든 규칙에 대해 더 큰 수의 위치가 왼쪽일 때 ‘z’키, 오른쪽일 때 ‘m’키를 눌러 반응하도록 하였다. 단계가 상승할수록 제시되는 숫자의 색상 변경 비율이 점차 증가하였고, 최대 30%까지 증가하였다(<그림 2> 참조).

전환기능 훈련을 위해 ‘규칙에 따라 구분하기’, ‘홀수/짝수 구분하기’, ‘화살표와 단어 구분하기’가 포함되었다. 먼저 시공간 기반의 전환 훈련을 위한 ‘규칙에 따라 구분하기’에서는 흰색 배경에 네 개의 정사각형이 2x2 매트릭스 형태로 제시되는데 이 때, 위쪽 두 개의 정사각형 테두리는 빨간색으로, 아래쪽 두 개는 파란색으로 제시되었다. 또한, 각 정사각형의 내부는 다시 2x2 매트릭스 형태로 구분되어 칸을 만들게 되어, 목표자극은 전체 16개의 칸들 중 하나에 회색 칸의 형태로 무선적으로 나타나도록 구성되었다. 이 때, 목표자극인 회색 칸이 위쪽 두 빨간색 사각형 내부에 제시되는 경우, 왼쪽 사각형에 나타나면 ‘z’키, 오른쪽 사각형에 나타나면 ‘m’키를 눌러야 했고, 아래쪽 두 파란색 사각형 내에 제시되는 경우에는 이와 반대로 눌러야 했다. 과제의 난이도는 반응 규칙의 전환 비율과 전환 시점에 따라 조절되었다. 즉, 단계가 올라갈수록 반응 규칙이 전환되는 비율이 최대 30%까지 증가하였으며 낮은 난이도에

해당하는 1~3단계에서는 반응 규칙의 전환 시점이 고정되었으나 높은 난이도인 4~6단계는 반응 규칙의 전환 시점이 무선화되어 전환 시점에 대한 예상을 하지 못하도록 하였다.

‘홀수/짝수 구분하기’는 언어/숫자 자극 양식을 사용한 것으로, 화면에 제시되는 숫자의 색상에 따라 각각 다른 반응 규칙을 적용하도록 요구되었다. 숫자가 빨간색으로 제시될 경우, 홀수일 때 ‘z’키, 짝수일 때 ‘m’키를 눌러야 했으며, 파란색으로 나타날 경우에는 홀수일 때 ‘m’키, 짝수일 때 ‘z’키를 눌러 반응해야 했다. 수행 단계에 따른 난이도 조절은 ‘규칙에 따라 구분하기’와 동일하였다.

중다양식 자극을 사용한 ‘화살표와 단어 구분하기’에서는 좌우를 지시하는 화살표 도형이 화면 중앙에 제시되는데, 이 화살표 도형 내부에는 ‘왼쪽’ 혹은 ‘오른쪽’ 단어 자극이 포함되었다. 화살표 혹은 단어는 초록색 또는 검정색으로 제시되었는데, 참가자들은 초록색으로 나타나는 자극이 의미하는 방향에 따라 반응해야 했다. 즉, 화살표가 초록색으로 제시된 경우, 화살표가 가리키는 방향이 왼쪽일 때 ‘z’키, 오른쪽일 때 ‘m’키를 눌러 반응하도록 요구되었고, 단어 자극이 초록색으로 나타난 경우에는 ‘왼쪽’ 단어에 대해 ‘z’키, ‘오른쪽’ 단어에 대해 ‘m’키로 반응하도록 지시받았



<그림 2> ‘큰 수 찾기’ 훈련과제의 예. 숫자의 색상이 빨간색인 경우에는 지각적 크기가 큰 수의 위치에 해당하는 키를, 파란색인 경우에는 의미적 크기가 큰 수의 위치에 해당하는 위치의 키를 누르도록 하였다.

이 예에서 정확반응은 왼쪽에서 오른쪽 순서대로 각각 ‘m’키, ‘z’키, ‘z’키에 해당한다.

다. 과제의 난이도는 ‘규칙에 따라 구분하기’, ‘홀수/짝수 구분하기’와 동일하게 조절되었다.

### 3) 절차

CCT와 CCT-Pprogram을 온라인으로 제공하기 위해 모든 과제들은 자바 스크립트 기반의 Unity 엔진을 이용하여 웹으로 실행할 수 있도록 제작되었다. 프로그래밍 과정에서 자극 제시 및 입력된 반응에 대한 타당성을 연구자들이 직접 확인하는 절차를 반복하였고, 과제별 예비 테스트 결과를 분석하여 모든 과제들에서 프로그래밍이 적절하게 이루어졌음을 확인하였다. 각 과제는 개별 모니터에 따른 화면 크기의 차이로 인한 영향을 통제하기 위하여 일반적인 화면의 해상도(1280 × 720)에서 고정되어 제시되도록 하였다. CCT와 CCT-Program을 구동하기 위한 웹 서버를 구축하여 참가자들이 온라인으로 접속하여 진행할 수 있도록 하였고, 사전-사후검사 및 훈련 프로그램의 결과는 실시간으로 개인별 로그 정보를 통해 저장되도록 하였고, 이 로그 정보가 이후 결과분석에 사용되었다.

훈련에 따른 인지과제 수행 변화를 확인하기 위하여 모든 참가자들에게 훈련을 실시하기 약 일주일 전에 사전검사를 먼저 시행하였고, 훈련이 종료된 약 일주일 후 사후검사를 실시하였다. CCT를 이용한 사전 및 사후검사의 실시 과정에서, 학교의 수업시간을 고려하여 약 40분 이내에 모든 과제 수행을 완료하도록 독려했으며, 모든 참가자들은 담임 교사의 안내를 통해 각 과제의 규칙에 대한 설명과 연습을 통해 규칙을 충분히 숙지한 후 본 과제를 수행하도록 하였다. CCT에 포함된 과제들은 실험실 환경이 아닌 교실에서 이루어지는 점과, 한 명의 담임 교사 안내를 통해 동시에 많은 참가자들이 동일한 공간에서

수행해야 하는 점을 고려하여, 수반자극 과제, 숫자 2-back 과제, 시공간 2-back 과제, 색상-모양 전환 과제, Go/No-go 과제의 순으로 고정하여 제시하도록 하였다. 이를 통해, 정해진 시간 내에 과제를 완료하지 못하는 참가자들이 발생하는 경우에도 전반부에 수행한 과제들에 대해서는 사전 및 사후검사의 비교가 가능할 수 있도록 하였다. CCT-Program을 통한 훈련의 경우, 각 참가자별로 개별 가정이나 학교에서 보호자 또는 교사의 지도 하에 주 2회씩 약 8주 동안 실시하였다. CCT-Program에 포함된 각 훈련과제는 규칙을 숙지한 후 실시하도록 구성되었고, 한 회기가 종료될 때마다 담임 교사들에게 참가자 개인의 훈련 결과에 대한 모니터링 결과가 제공되었다.

### 4) 통계 분석

CCT-Program을 적용한 훈련의 효과 검증을 목적으로, SPSS 25.0을 사용하여 CCT 수행 결과에 대한 통계 분석이 이루어졌다. 먼저, 사전-사후검사 간 일관된 측정이 이루어지고 있는지 확인하기 위한 상관분석을 실시하였다. 다음으로, 인지기능의 기저 수준과 훈련 참여도에 따른 사전-사후검사의 차이를 확인하기 위한 분석을 실시하였다. 이를 위하여, 각 과제별 사전검사 점수 정확률의 중앙값을 기준으로 고-집단과 저-집단을 구분하였다. 또한, 훈련 참여도에 따른 집단을 구분하기 위해 참가자들이 성실하게 수행한 훈련 과제의 수를 기준으로 16개 이상 참여한 개인들을 훈련집단으로, 15개 이하로 참여한 개인들을 통제집단으로 분류하였다. 결과적으로 참가자들을 사전검사 점수 및 훈련 참여도에 따라 저-훈련, 저-통제, 고-훈련, 그리고 고-통제집단으로 구분하여 사전-사후검사를 반복측정요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시하였다. 이 때, 반응

시간을 주요 측정치로 사용하는 수반자극 과제는 정확률을 기준으로 75% 미만은 제외한 후 분석하였고, 사전 및 사후검사 시 후반부에 시행하였던 Go/No-go 과제와 색상-모양 전환 과제는 시간적 제약으로 인해 수행을 완료하지 못한 참가자들의 데이터를 제외하였다. 결과적으로 숫자 2-back 과제, 시공간 2-back 과제, Go/No-go 과제, 수반자극 과제, 그리고 색상-모양 전환 과제에서 총 110명, 101명, 76명, 88명, 90명이 분석에 포함되었다.

### 3. 결과

훈련 효과에 대한 분석에 앞서, 각 인지기능에 대한 사전-사후검사 측정치의 일관성을 확인하기 위해 각 검사결과 간 Pearson 적률상관계수를 확인하였다. 분석 결과, 숫자 2-back 과제의 정확

률( $r=.68, p<.01$ )과 반응시간( $r=.34, p<.01$ ), 시공간 2-back 과제에 대한 정확률( $r=.84, p<.01$ ) 및 반응시간( $r=.44, p<.01$ ), 수반자극 과제의 정확률( $r=.42, p<.01$ ) 및 간섭효과( $r=.44, p<.01$ ), Go/No-go 과제의 정확률( $r=.39, p<.01$ )에서 유의한 상관이 나타났다. 색상-모양 전환 과제의 경우에는 정확률( $r=.72, p<.01$ )에서 사전검사 점수와 사후검사 점수 간 유의한 상관을 보였으나, 전환비용의 경우 유의하지 않았다( $r=.11, p=.29$ ).

다음으로, 사전검사 점수 및 훈련 참여도에 따른 수행 변화의 차이를 확인하기 위하여 숫자 2-back 과제, 시공간 2-back 과제, Go/No-go 과제의 정확률 및 반응시간, 수반자극 과제의 정확률과 간섭효과, 그리고 색상-모양 전환 과제의 정확률 및 전환비용에 대하여 2(사전점수; 고/저) $\times$ 2(참여도; 훈련/통제) $\times$ 2(검사 시기; 사전/사후) 반복측정 변량분석을 실시하였다. 각 과제별 수행 결과는 <표 2>에 제시되었다.

<표 2> 사전검사 점수 및 훈련 참여도에 따른 사전-사후검사 수행 결과(평균 및 표준오차)

		사전검사 저-집단				사전검사 고-집단			
		훈련집단		통제집단		훈련집단		통제집단	
		사전	사후	사전	사후	사전	사후	사전	사후
숫자 2-back	정확률(%)	54.74 (2.42)	72.23 (3.18)	50.50 (1.47)	54.96 (3.14)	87.37 (1.21)	87.13 (1.43)	81.24 (2.08)	81.40 (2.73)
	반응시간(ms)	708.16 (28.00)	600.51 (38.25)	679.71 (29.73)	463.42 (52.98)	770.96 (38.37)	626.10 (22.09)	803.97 (47.60)	659.36 (43.76)
시공간 2-back	정확률(%)	60.03 (2.30)	70.21 (3.16)	47.33 (1.46)	51.14 (2.06)	88.66 (0.96)	90.86 (1.04)	76.09 (2.51)	80.95 (2.96)
	반응시간(ms)	738.19 (45.90)	594.75 (38.48)	596.64 (61.72)	406.46 (44.81)	670.77 (25.65)	602.75 (22.24)	724.96 (38.80)	657.28 (49.88)
Go /No-go	정확률(%)	90.11 (0.83)	90.26 (0.76)	91.59 (0.55)	89.06 (1.56)	96.04 (0.31)	92.39 (0.88)	95.94 (0.28)	92.94 (0.92)
수반 자극	정확률(%)	90.26 (1.37)	92.78 (1.01)	93.00 (0.92)	93.40 (0.89)	99.04 (0.17)	96.54 (0.50)	99.05 (0.22)	96.32 (0.80)
	간섭효과(ms)	45.12 (5.60)	37.50 (5.94)	64.93 (7.92)	62.97 (6.70)	51.03 (5.19)	44.91 (3.12)	47.81 (5.82)	55.61 (5.10)
색상-모양 전환	정확률(%)	65.43 (3.56)	60.54 (3.61)	49.59 (1.76)	51.71 (4.70)	91.54 (0.62)	83.57 (2.27)	84.65 (2.27)	81.69 (3.90)
	전환비용(ms)	80.68 (28.46)	57.28 (14.25)	24.47 (27.72)	-25.45 (26.57)	67.75 (9.42)	15.44 (8.29)	73.95 (19.84)	47.66 (16.26)

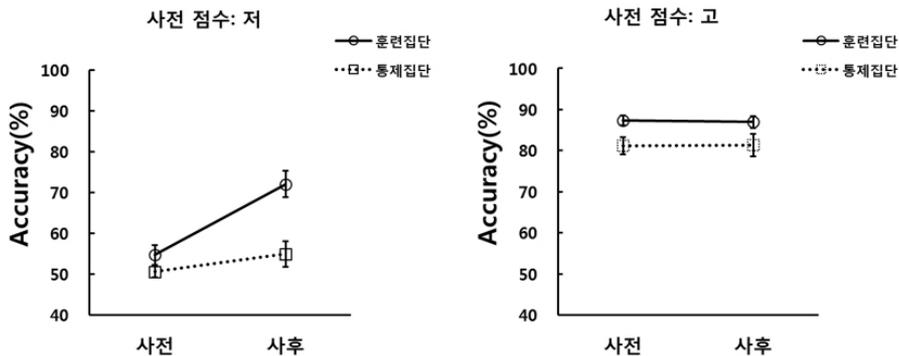
### 1) 숫자 2-back 과제

먼저, 언어 최신화 기능을 측정하는 숫자 2-back 과제의 결과를 분석하였다(<그림 3> 참조). 정확률의 경우, 검사 시기의 주효과( $F(1, 106)=18.98, p<.01, \text{partial } \eta^2=.15$ ), 사전점수×검사 시기의 상호작용( $F(1, 106)=19.24, p<.01, \text{partial } \eta^2=.15$ ), 참여도×검사 시기의 상호작용이 유의하였다( $F(1, 106)=6.33, p<.05, \text{partial } \eta^2=.06$ ). 또한, 사전점수×참여도×검사 시기의 삼원 상호작용이 유의하였는데( $F(1, 106)=7.15, p<.05, \text{partial } \eta^2=.06$ ), 이는 사전점수 저-집단에서는 참여도×검사 시기 상호작용이 유의하여 훈련집단이 통제집단보다 약 13.02% 정확률이 향상된 반면( $F(1, 53)=8.75, p<.05, \text{partial } \eta^2=.14$ ), 고-집단은 훈련 및 통제집단 간 정확률 변화의 차이가 나타나지 않은 것에 기인하였다( $ps>.05$ ). 또한 고-집단이 저-집단보다 26.20% 높은 정확률을 보여 사전점수의 주효과가 유의하였고( $F(1, 106)=174.06, p<.01, \text{partial } \eta^2=.62$ ), 참여도의 주효과 또한 유의하여( $F(1, 106)=17.68, p<.01, \text{partial } \eta^2=.14$ ), 훈련집단이 통제집단보다 8.30% 높은 정확률을 보였다. 반응시간의 경우 검사 시기의 주효과가 유의하였는데, 사전검사와 비교하여 사후검사에서 약 149.90ms만큼 감소

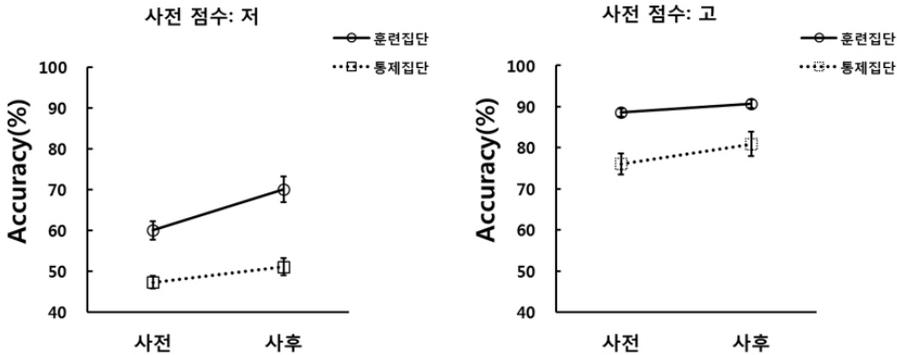
되었고( $F(1, 106)=45.97, p<.01, \text{partial } \eta^2=.30$ ), 고-집단이 저-집단보다 102.15ms 느린 반응시간을 보인 것으로 인한 사전점수의 주효과도 유의하였다( $F(1, 106)=11.14, p<.01, \text{partial } \eta^2=.10$ ). 반면 다른 모든 효과는 유의하지 않았다( $ps>.05$ ).

### 2) 시공간 2-back 과제

다음은 시공간 최신화 능력을 측정하는 시공간 2-back 과제의 정확률에 대해 분석하였다(<그림 4> 참조). 분석 결과, 검사 시기의 주효과가 유의미하였고( $F(1, 97)=25.49, p<.01, \text{partial } \eta^2=.21$ ), 사전점수×참여도×검사 시기의 삼원 상호작용이 유의하게 나타났다( $F(1, 97)=4.68, p<.05, \text{partial } \eta^2=.05$ ). 구체적으로, 저-집단의 정확률에서 훈련집단이 통제집단보다 약 6.36% 향상되어, 사전점수 저-집단에서 참여도×검사 시기의 상호작용 경향성을 보였으나( $F(1, 48)=3.80, p=.06, \text{partial } \eta^2=.07$ ), 고-집단에서는 훈련 및 통제집단 간 변화 차이가 나타나지 않았다( $ps>.05$ ). 또한 사전점수( $F(1, 97)=187.37, p<.01, \text{partial } \eta^2=.66$ )와 참여도에서 유의한 주효과를 보였는데( $F(1, 97)=47.39, p<.01, \text{partial } \eta^2=.33$ ), 고-집단이 저-집단보다 27.00%, 훈련집단이 통제집단보다



<그림 3> 사전점수 고-저 집단의 훈련 참여도에 따른 숫자 2-back 과제의 평균 정확률(S.E.)



<그림 4> 사전점수 고-저 집단의 훈련 참여도에 따른 시공간 2-back 과제 의 평균 정확률(S.E.)

13.60% 정확하게 수행한 것으로 나타났다. 반응시간의 경우, 검사 시기의 주효과( $F(1, 97)=26.97, p<.01, \text{partial } \eta^2=.22$ )와 사전점수×검사 시기의 상호작용이 유의하였는데( $F(1, 97)=4.80, p<.05, \text{partial } \eta^2=.05$ ), 이는 사전점수 저-집단의 반응시간이 고-집단과 비교하여 사전검사보다 사후검사에서 약 95.20ms 감소된 것에 기인하였다. 또한 고-집단보다 저-집단의 79.93ms 빠른 반응시간으로 인한 사전점수의 주효과( $F(1, 97)=5.38, p<.05, \text{partial } \eta^2=.05$ )와 사전점수×참여도의 상호작용이 유의하였다( $F(1, 97)=10.11, p<.01, \text{partial } \eta^2=.09$ ). 구체적으로, 저-집단에서 훈련집단이 통제집단보다 164.92ms 느린 반면( $F(1, 97)=11.29, p<.01, \text{partial } \eta^2=.10$ ), 고-집단은 훈련 및 통제 집단 간 반응시간 차이가 없었다( $ps>.05$ ). 반응시간 분석에서 다른 효과들은 유의하지 않았다( $ps>.05$ ).

### 3) 수반자극 과제

선택적 주의를 측정하는 수반자극 과제의 정확률에 대한 분석 결과, 사전점수×검사 시기의 상호작용이 유의하게 나타났으며( $F(1, 84)=14.96, p<.01, \text{partial } \eta^2=.15$ ), 이는 사전점수 저-집단에서는

1.53% 증가한 반면 고-집단에서 2.60% 감소한 결과로 인한 것이었다( $ps<.05$ ). 또한 사전점수 주효과가 나타나 고-집단이 저-집단보다 5.40% 높은 정확률을 보였다( $F(1, 84)=69.99, p<.01, \text{partial } \eta^2=.45$ ). 그러나 다른 효과들은 유의하지 않았다( $ps>.05$ ). 반응시간에 대한 간섭효과의 경우, 유의한 참여도의 주효과가 관찰되었고( $F(1, 84)=7.60, p<.01, \text{partial } \eta^2=.08$ ), 이는 훈련집단의 간섭효과가 통제집단보다 13.19ms 낮게 나타난 결과에 기인하였다. 사전점수×참여도 상호작용 또한 유의하였는데( $F(1, 84)=3.90, p<.05, \text{partial } \eta^2=.04$ ), 구체적으로, 저-집단에서 훈련집단이 통제집단보다 22.64ms 낮은 반면( $F(1, 84)=11.06, p<.01, \text{partial } \eta^2=.12$ ), 고-집단의 경우 훈련 및 통제 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다( $ps>.05$ ). 이외 검사 시기의 주효과 및 사전점수×검사 시기, 참여도×검사 시기, 그리고 사전점수×참여도×검사 시기의 상호작용은 유의하지 않았다( $ps>.05$ ).

### 4) Go/No-go 과제

억제 능력을 측정하는 Go/No-go 과제의 결과를 분석하였다. 먼저, Go/No-go 과제의 정확률의 경우, 검사 시기의 주효과가 유의하였으나, 이는

사전검사보다 사후검사에서 정확률이 약 2.30% 감소됨으로 인해 나타난 결과였다( $F(1, 72)=18.58, p<.01, \text{partial } \eta^2=.21$ ). 또한 통계적으로 유의하지 않았으나 사전점수×검사 시기의 상호작용 경향성이 확인되었는데( $F(1, 72)=4.18, p=.05, \text{partial } \eta^2=.06$ ), 이는 고-집단의 정확률이 저-집단보다 약 2.26% 감소된 것에 기인하였다. 끝으로, 고-집단의 정확률이 저-집단보다 4.10% 높은 결과로 인한 사전점수 주효과가 유의하였다( $F(1, 72)=38.69, p<.01, \text{partial } \eta^2=.35$ ). 반면, 다른 상호작용은 모두 유의하지 않았다( $ps>.05$ ).

### 5) 색상-모양 전환 과제

마지막으로, 전환 능력을 측정하는 색상-모양 전환 과제의 정확률에 대한 분석을 수행하였다. 분석 결과, 검사 시기 주효과가 유의하였는데, 이는 사후검사의 정확률이 4.75% 감소된 것에 기인하였다( $F(1, 86)=6.65, p<.05, \text{partial } \eta^2=.07$ ). 또한 사전점수( $F(1, 86)=107.59, p<.01, \text{partial } \eta^2=.56$ ) 및 참여도 주효과가 유의하여( $F(1, 86)=11.64, p<.01, \text{partial } \eta^2=.12$ ), 고-집단이 저-집단보다 27.80%, 훈련집단이 통제집단보다 9.10% 높은 정확률을 보였다. 이외의 다른 효과는 유의하지 않았다( $ps>.05$ ). 반응시간으로 산출한 전환 비용에서는 검사 시기의 주효과가 유의하였는데( $F(1, 86)=7.51, p<.05, \text{partial } \eta^2=.08$ ), 이는 사전검사보다 사후검사서 37.95ms 감소된 것에 기인하였다. 또한 사전점수×참여도 상호작용이 유의하게 나타났는데( $F(1, 86)=9.34, p<.01, \text{partial } \eta^2=.10$ ), 이는 저-집단에서 훈련집단이 통제집단보다 69.47ms 더 큰 전환비용을 보인 반면( $F(1, 86)=11.46, p<.01, \text{partial } \eta^2=.12$ ), 고-집단은 훈련 및 통제집단 간 차이를 보이지 않은 것에 기인하였다( $ps>.05$ ). 한편 이외의 효과들은 모두

유의하지 않았다( $ps>.05$ ).

## 4. 논의

본 연구는 작업기억 훈련에 관한 이전 연구들의 한계를 보완하고자, 대단위 참가자들에게 훈련을 실시할 수 있는 웹 기반의 CCT-Program을 개발하고 초등 및 중학생에게 훈련을 실시한 후, CCT로 사전-사후검사를 수행하도록 하였다. 그 결과, CCT에 포함된 각 과제들의 사전-사후검사 간 상관관계수가 최소 .34에서 최대 .84로 나타나, 사전-사후 간 측정의 일관성을 바탕으로 온라인 과제 수행이 적절하게 이루어질 수 있음을 확인하였다.

훈련참여도 및 사전점수 집단에 따른 CCT-Program의 훈련 효과를 확인한 결과, 숫자 및 시공간 2-back 과제에서 참여도가 높은 사전점수 저-집단의 수행이 사전검사보다 사후검사서 향상된 결과를 보인 반면, 다른 과제들에서는 이러한 효과가 관찰되지 않았다. 이러한 결과에 대한 구체적인 내용은 다음과 같다.

먼저, 숫자 2-back 과제와 시공간 2-back 과제의 경우 사전점수 저-집단의 정확률이 증가하였는데, 이는 유지 및 조작기능 훈련과제 수행을 통해 최신화 기능이 향상되었음을 의미한다. CCT-Program에 포함된 훈련과제 중 시공간 유지기능을 훈련하는 ‘물고기 패턴 기억하기’의 경우 색상이 변하는 물고기 그림 자극의 공간적 정보를 유지해야 하며, 중다양식의 유지기능 훈련과제인 ‘글자 위치 순서 맞추기’에서는 각 언어 자극에 대응하는 공간 정보를 유지하고 순서에 맞게 인출하는 과정이 요구된다. 또한, 시공간 조작기능을 훈련할 수 있는 ‘물고기 순서 거꾸로 기억하기’에서는 색상이 순차적으로 변하는 그림 자극의 각

위치 정보를 유지 및 재구성하여 역순으로 인출하는 것이 필요하고, 언어/수 조작기능 훈련과제인 ‘글자 순서 거꾸로 맞추기’의 경우에는 차례로 나타나는 언어 정보를 유지하면서 제시 순서를 재구성해야 한다. 목표 관련 정보를 능동적으로 유지하고 조작하는 과정이 최신화의 핵심 요소라는 것을 고려할 때(Kessler & Oberauer, 2014; Nyberg & Eriksson, 2016), 이러한 결과는 CCT-Program을 통한 유지 및 조작 훈련의 효과가 있음을 나타내며, 작업기억 훈련에 따라 최신화 기능의 향상을 보였던 이경면 외(2019)의 결과와 일치한다. 그러나 언어 최신화의 향상이 나타나지 않았던 선행연구 결과와 다르게, 본 연구에서는 언어 최신화에서도 동일한 효과를 관찰하였다. 이는 사전 인지기능의 기저 수준이 낮을 때 훈련효과가 더 크게 나타난다는 여러 선행연구들의 결과와 일치한다(Boron et al., 2007; Jennings et al., 2005; Titz & Karbach, 2014). 뿐만 아니라, 이는 CCT-Program에 언어/수 양식을 사용한 훈련과제(8개 과제)가 이전 연구(5개 과제)보다 더 많이 포함됨으로 인해 해당 양식에 대한 처리를 더 많이 할 기회가 제공되었기 때문일 가능성도 있다.

선택적 주의 능력 측정을 위한 수반자극 과제에서는 훈련 참여도가 높은 경우 간섭효과가 낮은 결과가 관찰되었으며, 이는 사전점수가 낮은 경우에 특히 그러하였다. 이는 훈련 참여의 동기, 혹은 성취동기가 반영된 결과일 수 있다(Zhao, Xu, Fu, & Maes, 2018). 반면, 검사 시기에 따른 훈련효과는 관찰되지 않았는데, 이는 인지기능의 영역 특수성에 의한 것으로 여겨진다. 즉, 선택적 주의를 CCT-Program으로 훈련한 유지, 조작, 억제 및 전환기능과 서로 구분되는 기능으로, 일부분의 처리과정만을 공유한다(Kane, Poole, Tuholski, & Engle, 2006). 따라서, 본 연구 결과는 영역 특수적 인지기능 훈련의 필요성과 효과성을 확인한

선행연구의 결과와 일치한다(Melby-Lervåg, & Hulme, 2013; 서희영, 김초복, 2014; 이경면 외, 2019).

한편, 억제 능력 측정을 위한 Go/No-go 과제, 그리고 전환기능을 측정하는 색상-모양 전환 과제 모두에서 훈련 참여도 및 사전검사 점수에 따른 훈련 효과가 확인되지 않았다. 이는 본 연구를 위해 정해진 시간 내에 과제를 완료해야 하는 일 정상의 한계로 인해, 사전-사후검사 과제 순서를 고정하여 구성한 점이 주요 원인으로 작용한 것으로 보인다. 특히 사후검사까지 완료하여 분석에 포함된 데이터 수가 숫자 및 시공간 2-back 과제보다 현저히 적음으로 인해 Go/No-go 과제와 색상-모양 전환 과제 결과가 편향되었을 가능성이 있다. 즉, 색상-모양 전환 과제와 Go/No-go 과제의 정확률과 수행 시간이 모두 감소된 결과는 정확률 및 속도 간 교환효과(speed-accuracy trade-off)가 발생하였음을 시사한다(Boksem, Meijman, & Lorist, 2006; Fitts & Peterson, 1964; Förster, Higgins, & Bianco, 2003). 이를 해결하기 위해서는 사전 및 사후검사의 과제 시행 순서를 무선화하여 측정하거나, 과제 간 일정한 시간 간격을 두어 측정하여 피로 수준을 감소시킬 필요가 있을 것이다. 이에 더하여, 억제 및 전환 훈련의 경우 각각 3개의 과제로 구성되어 작업기억 훈련과제의 수보다 적었는데, 이로 인해 각 훈련과제를 동일한 시간 동안 실시하는 상황에서 억제 및 전환의 핵심 과정에 대한 훈련량이 작업기억보다 적었을 가능성이 있다(Thorell, Lindqvist, Bergman Nutley, Bohlin, & Klingberg, 2009). 따라서, 추후 CCT 및 CCT-Program 활용 시 이러한 한계를 고려하여 훈련 및 사전-사후검사를 계획할 필요가 있다.

위와 같은 한계점에도 불구하고 본 연구 결과에 대한 두 가지 의미를 제시할 수 있다. 첫째, CCT-

Program을 통한 훈련 가능성과 더불어, 사전검사 점수가 낮은 집단에 훈련 효과가 더 높게 나타나는 것을 확인하여 인지기능의 기저 수준에 따른 훈련 적용의 필요성을 확인하였다. 둘째, 기존의 훈련 도구를 온라인 프로그램으로 개발 및 시행함으로써, 대규모 참가자들이 개인 컴퓨터를 사용하여 동시에 참여할 수 있고, 실시간 관리 및 피드백이 가능한 시스템을 구축하였다는데 그 의미가 있다. 향후, 프로그램을 사용할 수 있도록 연구자들에게 사용 매뉴얼과 함께 공개할 예정이며, 이를 통해 인지기능 측정 및 훈련이 요구되는 다양한 연구에 활용할 수 있기를 기대한다.

종합하면, 본 연구는 웹 기반의 온라인 CCT-Program을 개발하여 교육 현장에서 초·중학생을 포함한 대규모 참가자를 대상으로 훈련을 실시하고 CCT를 통한 사전-사후검사를 시행하여, 선행연구와 유사한 훈련 효과를 확인함으로써 CCT 및 CCT-Program의 적용 가능성을 확인하였다. 더 나아가, 이러한 효과가 인지기능의 기저 수준에 따라 다르게 나타남을 확인하였다. 이를 바탕으로, 다양한 관련 분야의 학술 연구를 위한 도구로서, 그리고 실제 교육 현장에서 학습역량 강화를 위한 도구로서 CCT 및 CCT-Program에 대한 효과적인 활용 가능성을 제안한다.

## 참 고 문 헌

- 김초복 (2016). 특허출원 제10-2016-0085005. 서울: 특허청.
- 서희영·김초복 (2014). 영역 특수성에 따른 작업기억의 훈련 효과. <한국심리학회지: 인지 및 생물>, 26(4), 207-231.
- 이경면 외 (2019). 영역 특수성 기반 작업기억 훈련의 효과. <사회과학연구>, 30(1), 195-210.
- 이명진·홍선주·신경희·김초복 (2015). 아동용 작업기억 훈련 프로그램 개발 및 예비연구. <사회과학연구>, 26(4), 27-44.
- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. D. (2002). Individual differences in working memory within a nomological network of cognitive and perceptual speed abilities. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131(4), 567-589.
- Alloway, T. P., Bibile, V., & Lau, G. (2013). Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students? *Computers in Human Behavior*, 29(3), 632-638.
- Beck, S. J., Hanson, C. A., Puffenberger, S. S., Benninger, K. L., & Benninger, W. B. (2010). A Controlled Trial of Working Memory Training for Children and Adolescents with ADHD. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 39(6), 825-836.
- Blakey, E., & Carroll, D. J. (2015). A Short Executive Function Training Program Improves Preschoolers' Working Memory. *Frontiers in Psychology*, 6, 1827.
- Boksem, M. A. S., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2006). Mental fatigue, motivation and action monitoring. *Biological Psychology*, 72(2), 123-132.
- Boron, J. B., Turiano, N. A., Willis, S. L., & Schaie, K. W. (2007). Effects of Cognitive Training on

- Change in Accuracy in Inductive Reasoning Ability. *The Journals of Gerontology: Series B*, 62(3), 179-186.
- Brehmer, Y., Westerberg, H., & Bäckman, L. (2012). Working-memory training in younger and older adults: training gains, transfer, and maintenance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 63.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive Functioning as a Predictor of Children's Mathematics Ability: Inhibition, Switching, and Working Memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293.
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions Shown to Aid Executive Function Development in Children 4 to 12 Years Old. *Science*, 333(6045), 959-964.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 143-149.
- Fitts, P. M., & Peterson, J. R. (1964). Information capacity of discrete motor responses. *Journal of Experimental Psychology*, 67(2), 103-112.
- Förster, J., Higgins, E. T., & Bianco, A. T. (2003). Speed/accuracy decisions in task performance: Built-in trade-off or separate strategic concerns? *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 90(1), 148-164.
- Gathercole, S. E., Dunning, D. L., & Holmes, J. (2012). Cogmed training: Let's be realistic about intervention research. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(3), 201-203.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology*, 18(1), 1-16.
- Holmes, J., & Gathercole, S. E. (2014). Taking working memory training from the laboratory into schools. *Educational Psychology*, 34(4), 440-450.
- Jennings, J. M., Webster, L. M., Kleykamp, B. A., & Dagenbach, D. (2005). Recollection Training and Transfer Effects in Older Adults: Successful Use of a Repetition-Lag Procedure. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 12(3), 278-298.
- Kane, M. J., Poole, B. J., Tuholski, S. W., & Engle, R. W. (2006). Working memory capacity and the top-down control of visual search: Exploring the boundaries of "executive attention". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(4), 749-777.
- Kessler, Y., & Oberauer, K. (2014). Working memory updating latency reflects the cost of switching between maintenance and updating modes of operation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40(3), 738-754.
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(7), 317-324.
- Mayr, U. (2001). Age differences in the selection of mental sets: The role of inhibition, stimulus ambiguity, and response-set overlap. *Psychology and Aging*, 16(1), 96-109.

- McAuley, T., & White, D. A. (2011). A latent variables examination of processing speed, response inhibition, and working memory during typical development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(3), 453-468.
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49(2), 270-291.
- Nyberg, L., & Eriksson, J. (2015). Working Memory: Maintenance, Updating, and the Realization of Intentions. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 8(2), a021816.
- Otero, T. M., Barker, L. A., & Naglieri, J. A. (2014). Executive Function Treatment and Intervention in Schools. *Applied Neuropsychology: Child*, 3(3), 205-214.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-Term Memory, Working Memory, and Inhibitory Control in Children with Difficulties in Arithmetic Problem Solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(1), 44-57.
- Redick, T. S., Calvo, A., Gay, C. E., & Engle, R. W. (2011). Working memory capacity and go/no-go task performance: Selective effects of updating, maintenance, and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(2), 308-324.
- Riccio, C. A., & Gomes, H. (2013). Interventions for Executive Function Deficits in Children and Adolescents. *Applied Neuropsychology: Child*, 2(2), 133-140.
- Sánchez-Pérez, N., Castillo, A., López-López, J. A., Pina, V., Puga, J. L., Campoy, G., González-Salinas, C., & Fuentes, L. J. (2018). Computer-Based Training in Math and Working Memory Improves Cognitive Skills and Academic Achievement in Primary School Children: Behavioral Results. *Frontiers in Psychology*, 8, 2327.
- Seigneuric, A., Ehrlich, M.-F., Oakhill, J. V., & Yuill, N. M. (2000). Working memory resources and children's reading comprehension. *Reading and Writing*, 13(1), 81-103.
- Shah, P., Buschkuhl, M., Jaeggi, S., & Jonides, J. (2012). Cognitive training for ADHD: The importance of individual differences. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(3), 204-205.
- Shipstead, Z., Hicks, K. L., & Engle, R. W. (2012). Cogmed working memory training: Does the evidence support the claims? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(3), 185-193.
- Shiran, A., & Breznitz, Z. (2011). The effect of cognitive training on recall range and speed of information processing in the working memory of dyslexic and skilled readers. *Journal of Neurolinguistics*, 24(5), 524-537.
- Spencer-Smith, M., & Klingberg, T. (2015). Benefits of a Working Memory Training Program for Inattention in Daily Life: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*, 10(3), e0119522.
- Studer-Luethi, B., Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., & Perrig, W. J. (2012). Influence of neuroticism and conscientiousness on working memory training outcome. *Personality and Individual Differences*, 53(1), 44-49.

- Thorell, L. B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, 12(1), 106-113.
- Titz, C., & Karbach, J. (2014). Working memory and executive functions: effects of training on academic achievement. *Psychological Research*, 78(6), 852-868.
- Zhao, X., Xu, Y., Fu, J., & Maes, J. H. R. (2018). Are training and transfer effects of working memory updating training modulated by achievement motivation? *Memory & Cognition*, 46(3), 398-409.
- Zinke, K., Zeintl, M., Rose, N. S., Putzmann, J., Pydde, A., & Kliegel, M. (2014). Working memory training and transfer in older adults: Effects of age, baseline performance, and training gains. *Developmental Psychology*, 50(1), 304-315.

## Development and Effectiveness of Web-based Cognitive Training Programs

Jiyun Hong, Juyeon Heo, Kyongmyon Yi, Changhoon Lee, Chobok Kim

Department of Psychology, Kyungpook National University

This study aimed to examine the effect of web-based online cognitive training programs, the Cognitive Control Training program (CCT-Program), using cognitive measurement programs, Cognitive Control Task (CCT), by overcoming limitations of existing tools. For this purpose, elementary and middle school students participated in the current study and they were administrated CCT-Program for 8 weeks, and CCTs as pre- and post-tests to identify training effects. Participants were divided into lower- and higher-groups based on their accuracy in the pre-test and were classified into experimental- and control-groups according to their levels of involvement in training. Results showed that the lower-experimental group showed the highest enhancement in verbal and visuospatial 2-back tasks in the post-test. This study suggests applicability of CCT and CCT-Program in various research fields.

*Keywords: Web-based Cognitive Training, CCT-Program, CCT, Learning Capacity*