

Exploring the cognitive control deficits in adults with ADHD and adults with depression: the AX-CPT performance under different proactive and reactive control demands*

Inyong Kim¹, Tae Won Park², Hoyoung Kim^{1†}

¹Department of Psychology, Jeonbuk National University

²Department of Psychiatry, Jeonbuk National University Medical School

This study aimed to explore the characteristics of cognitive control deficits in adult ADHD from the perspective of Dual Mechanism of Control (DMC), which posits that cognitive control operates via two distinct dimensions, i.e., proactive and reactive control. AX-CPT, including nogo trials, was utilized to tap cognitive control processes in a sample of 27 adults with ADHD, 17 adults with depression, and 29 healthy adults. The performance of adults with ADHD was compared to that of adults with depression as well as healthy adults to investigate the effects of depression, which is a common comorbid condition in adult ADHD. AX-CPT is a continuous performance test consisting of four types of cue-probe pairs (AX, AY, BX, BY) and requires participants to respond to a probe based on a preceding cue. AX pairs are target pairs matched with a target response, and other pairs are non-target pairs matched with a non-target response. The proactive control demands were manipulated with the proportion of AX trials (AX-40 vs. AX-70) and the reactive control demands were manipulated with nogo trials (base vs. nogo). The order of the two AX-proportion conditions were counterbalanced, and the base condition and the nogo condition were implemented in order within each AX-proportion condition. The adult ADHD group showed lower accuracy than the depression group and the healthy control group in the performance of BX trials that require proactive inhibitory control. Both the ADHD group and the depression group performed lower than the healthy control group in nogo trials that require reactive inhibitory control. These results suggest that adults with ADHD have a deficit in overall cognitive control, including proactive and reactive control, and the reactive control deficit of adult ADHD may be associated with comorbid depression as well as ADHD itself.

Keywords: dual mechanisms of control, proactive control, reactive control, AX-CPT, adult ADHD

1차원고접수 21.08.18; 수정본접수: 22.02.07; 최종게재결정 22.02.13

주의력 결핍/과잉행동 장애(Attention Deficit Hyperactivity Disorder, 이하 ADHD)는 부주의, 과잉 행동성 및 충동성을 특징으로 하는 신경발달장애로 아동의 약 5%, 성인의 약 2.5%의 유병률이 보고된다(American Psychiatric Association, 2013). 선행 연구들은 상당수의 ADHD 환자에서 아동기에 발현된 증상이 성인기까지 지속되며, 이로 인해 ADHD 환

자는 성인기에도 일상생활의 어려움을 경험할 수 있음을 시사한다(Caye et al., 2016; Ramsay & Rostain, 2015). 아동기와 달리 성인기는 일상생활의 많은 활동들(예. 직무, 학업, 가사 등)을 독립적이고 능동적으로 수행해야 하는 시기로 그에 필요한 많은 정보들을 스스로 처리해야 하며, 사회적 활동도 활발한 시기다. 따라서 이러한 시기에 일상생활에서

* 이 논문은 2019년도 전북대학교 연구교수 연구비 지원과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2019R1G1A1005936).

† 교신저자: 김호영, 전북대학교 심리학과, (54896), 전라북도 전주시 덕진구 백제대로 567, E-mail: hykimpsy@jbnu.ac.kr

원활하게 기능하지 못하는 것은 우울이나 불안과 같은 심리적 고통을 일으킬 수 있다. 그러나 성인 ADHD의 기능 손상을 초래하는 핵심적인 결함에 대한 연구는 아동기 ADHD에 비해 드물다(Lee, 2019; Owens, Zalecki, Gillette & Hinshaw, 2017).

ADHD는 지속 주의, 집행기능과 같은 인지적 결함을 흔히 보이며 이는 ADHD의 핵심 증상과 밀접하게 관련된다(Barkley, 1997; White, 2007). 일상생활에서 성인에게 요구되는 다양한 과제들을 적절히 수행하기 위해서 장기적인 목표를 설정하고, 전략적으로 계획하고 피드백을 활용하여 반응을 수정해나가는 등 효율적인 인지능력이 필수적이다. 따라서 성인 ADHD의 인지적 결함은 학업이나 직업적 장면, 사회적 상호작용 등에서 원활한 수행을 저해할 수 있다(Fried et al., 2012; Lee et al., 2016). 특히 성인 ADHD 집단이 일상생활에서 보이는 기능결함은 인지통제 결함과 밀접하게 관련되는 것으로 보인다(Antshel, Hier & Barkley, 2014; Mueller, Hong, Shepard & Moore, 2017).

인지통제는 추구하는 목표를 정신적으로 유지하고 그 목표에 따라 인지적 처리 과정과 행동 반응을 조절하는 영역-일반적 능력(domain-general ability)이다. 인지통제는 과제에 필요한 정보를 선택적으로 활성화하고 유지하며, 간섭으로부터 보호하고, 적절한 시점에서 작업기억 내의 정보를 새롭게 업데이트하는 능력, 부적절한 반응을 억제하고, 필요에 따라 주의초점이나 반응규칙을 유연하게 전환하는 것 등을 포함한다(Braver, Gray & Burgess, 2007; Mackie, Van Dam & Fan, 2013). ADHD의 병인에 관한 선행 연구들은 인지통제 결함을 ADHD의 주요 결함으로 주목하고 다양한 측면에서 인지통제 결함이 어떻게 ADHD 증상을 설명하는지 확인하였다(Barkley, 1997; Sergeant, Geurts, Huijbregts, Scheres & Oosterlaan, 2003). Barkley(1997)는 인지통제의 기능 중 억제의 결함을 ADHD의 핵심 결함으로 주목하고, 이러한 결함이 다른 인지통제 영역의 이차적인 결함을 야기하는 것으로 설명하였다. 억제는 인지통제 수행에 있어서 필수적인 요소로 기존의 지배적인 반응을 억제하거나, 지속해 온 반응 중 비효율적으로 판단되는 반응을 재평가하여 필요에 따라 중단하는 것 그리고 간섭요인으로부터 목표에 부합하는 자극의 처리와 반응을 보호하는 기능과 관련된다. ADHD 환자의 억제 실패는 작업기억과 자기통제의 결함, 특정 시점에 대한 망각, 시간에 따른 조직화의 어려움, 사전속도의 감소 등을 야기하며, 이러한 결함은 행동을 조직화하는 데 필요한 용량을 감소시켜 목표와 관련된 일련의 행동들을 순차적으로 수행하는 것을 어렵게 한다(Barkely, 1997).

초기 연구들에서는 인지통제를 단일 능력으로 개념화했으나, 최근 연구들에 따르면 인지통제는 질적으로 구분되고 시간 차원상 다른 역동성을 가지는 하위 기제들에 의해 작동하는 것으로 보인다(Braver, 2012). Braver(2012)는 인지통제의 작동기제를 순행성 통제(proactive control)와 반응성 통제(reactive control)로 구분한 통제의 이중기제(Dual Mechanism of Controls, 이하 DMC) 모델을 제안하였다. 순행성 통제는 과제목표를 유지하여 인지적으로 처리해야 할 사건이 발생하기 전에 목표와 관련된 표상에 따라 주의, 지각, 행동 체계를 하향 편향시켜서 내부 또는 외부 방해 요소의 간섭을 최소화하는 방식의 통제 모드이다. 반응성 통제는 간섭이나 갈등 상황에서 수행을 최적화하기 위해 일시적으로 작동하는 모드로 외부 자극에 의해 반응적으로 촉발되는 상황적 과정이다. 순행성 통제는 목표 달성에 방해되는 간섭을 예방하고, 반응성 통제는 간섭이 발생했을 때 이를 탐지하여 억제할 수 있다. 이처럼 두 통제 모드는 상호 보완적이며 서로 다른 이익과 손실을 가지고 있어, 두 통제 모드가 상황에 따라 유연하게 사용되고 전환될 때 최적의 과제 수행이 이루어질 수 있다. 최근에는 DMC(Braver, 2012) 이론에 근거하여, 다양한 집단에서 인지통제의 변산성에 대한 탐색이 이뤄지고 있다(Braver, 2012; Zeeuw & Durston, 2017). 이러한 접근은 인지통제의 전반적인 결함뿐 아니라 각 하위 통제의 결함을 확인함으로써 인지통제 결함을 보다 정교하게 이해할 수 있게 한다. 이에 본 연구에서도 DMC 이론에 근거하여 성인 ADHD의 인지통제의 결함을 탐색하고자 한다.

성인 ADHD는 맥락을 유지하고 주의를 지속하는 것을 포함한 순행성 통제와 관련된 배외측 전전두 피질(dorsolateral prefrontal cortex, 이하 DLPFC) 영역에서 이상을 보이며(Banich et al., 2009; Burgess et al., 2010; Sidlauskaite, Dhar, Sonuga-Barke & Wiersema, 2020; Schulz et al., 2017), 행동 수준에서도 순행성 통제가 요구되는 과제들에서 더 많은 오류를 범하고, 느린 반응 속도를 보이는 것으로 보고되었다(Iselin & DeCoster, 2009; King, Colla, Brass, Heuser & von Cramon, 2007; Schulz et al., 2017). 이는 성인 ADHD 집단이 순행성 통제가 필요한 상황에서 이를 적절하게 사용하는 것에 어려움이 있음을 일관되게 시사한다. 반면 ADHD 집단의 반응성 통제에 대한 연구 결과들은 혼재되어 있다. 일부 연구에서는 ADHD 집단에서 반응성 통제와 관련된 전대상 피질(anterior cingulate cortex)과 피질하 영역(subcortical area)에서 비정상적인 활성화를 발견했으며(Banich et al., 2009), 행동 측정치들에서도 ADHD의 반응성 통제 결함을 시사하는 결과가 보고되었다(King et

al., 2007; Neely et al., 2017; van Dijk et al., 2014). 하지만 또 다른 연구들에서는 반응성 통제 관련 측정치들에서 ADHD와 정상 집단 간의 차이가 나타나지 않았으며 (Sidlauskaite et al., 2020; Advokat, Martino, Hill & Gouvier, 2007; Dhar, Been, Minderaa & Althaus, 2010), ADHD 경향성을 가진 집단이 그렇지 않은 집단보다 오히려 수행을 더 잘하는 것으로 나타나는 등 (Iselin & DeCoster, 2009) ADHD의 반응성 통제 결함을 지지하지 않는다.

한편 아동기부터 기능적 어려움, 낮은 성취, 대인관계에서의 잦은 갈등, 그리고 이러한 문제들에 대한 부정적인 피드백을 지속적으로 경험해온 성인 ADHD는 우울, 불안과 같은 이차적인 정서문제를 흔히 가진다 (Fischer et al., 2007; Sobanski, 2006; Van Ameringen, Mancini, Simpson & Patterson, 2011). 그런데 우울이나 불안 역시 인지통제 기능을 저하시킬 수 있어 (Bredemeier, Warren, Berenbaum, Miller & Heller, 2016; Joormann & Tanovic, 2015; Paulus, 2015; Stordal et al., 2004), 성인 ADHD의 인지통제 결함을 탐색할 때 정서적 문제의 영향을 고려할 필요가 있다. 특히 우울은 성인 ADHD가 흔히 호소하는 심리적 문제로 (McIntosh et al., 2009), 우울한 ADHD는 그렇지 않은 ADHD보다 일상생활에서의 어려움을 더 높게 호소하는 것으로 나타났다 (Armengol, 2003; Kim, Jang, Seo & Bae, 2009). 우울은 인지적 자원을 제대로 활용하는데 어려움을 야기하기 때문에 (Harvey et al., 2005), 우울한 성인 ADHD 집단은 ADHD 관련 문제에 우울의 영향이 부가되어 일상생활에서 더 심각하고 광범위한 문제를 겪는 것으로 생각된다. 이에 성인 ADHD의 인지적 결함을 탐색할 때 우울로 인한 결함을 분리할 필요가 있으나, 실제로는 ADHD를 가진 상당수의 성인들이 높은 우울을 함께 호소하고 있어 이를 분리하기가 쉽지 않다.

DMC의 관점에서 우울과 인지통제 간 관계에 대한 연구 결과들은 성인 ADHD의 인지통제 연구 결과들과 다소 차이를 보인다. DMC 이론에 기반한 선행 연구들에서 우울 증상이 심각할수록 순행성 통제와 반응성 통제 관련 영역의 처리 이상을 보고하며, 우울은 두 통제 모드의 결함과 관련될 가능성을 시사한다 (Holmes & Pizzagalli, 2008; Vanderhasselt et al., 2014; West, Choi & Travers, 2010). 이에 비해 AX-연속수행검사 (Continuous Performance Test, 이하 CPT)를 사용하여 조현병 집단, 우울 집단, 정상 집단을 비교한 또 다른 연구에서는 우울 집단이 순행성 통제와 관련된 조건에서 양호한 수행을 보이고, 반응성 통제와 관련된 조건에서는 정상 집단보다 낮은 수행을 보였다 (Holmes et

al., 2005). 우울 집단의 반응성 통제 기능결함은 다른 연구들에서도 지지된다 (Bredemeier et al., 2016; Holmes & Pizzagalli, 2007). 즉, 우울과 반응성 통제 결함과의 관련성은 일관되게 지지되지만, 우울 집단의 순행성 통제 결함에 대한 결과는 혼재되어 있다.

이와 같이 혼재된 결과들은 연구마다 사용된 측정 도구가 다르기 때문일 수 있다 (Alderson, Kasper, Hudec & Patros, 2013; Gratton, Cooper, Fabiani, Carter & Karayanidis, 2018). 연구 목적에 따라 다른 과제 패러다임을 사용하거나 같은 패러다임도 다르게 변형된 형태로 사용되어, 순행성 통제와 반응성 통제 중 어떤 통제 모드에 보다 편향시키는 형태의 과제인지에 따라 다른 결과가 도출되는 것일 수 있다. 일부 연구들에서 사용된 AX-CPT (Iselin & DeCoster, 2009; van Dijk et al., 2014)는 특정 반응으로 편향시키는 단서가 제시된 후 나타나는 탐색자극에 반응하게 하는 과제인데 (Braver, 2012), 앞서 나오는 단서를 이용하여 반응을 준비하게 할 수 있게 한다는 점에서 순행성 통제에 보다 의존적인 과제이다. King과 동료들 (2007)이 사용한 색상-단어 스트룹 과제는 자극의 잉크 색상에 반응해야 과제 목표를 유지해야 한다는 점에서 순행성 통제가 요구되지만, 잉크 색상과 색 단어가 불일치하는 시행에서는 간섭을 해소하기 위해 반응성 통제가 요구된다. 또 다른 연구들에서 사용한 Go/Nogo 과제나 정지신호 과제는 nogo 자극이나 정지신호가 출현하면 준비했던 반응을 억제해야 한다는 점에서 반응성 통제와 더 밀접한 관련이 있다 (Bredemeier et al., 2016; Neely et al., 2017).

DMC 이론을 기반으로 하는 선행 연구들에서 흔히 사용되는 실험 과제인 AX-CPT 과제 (e.g. Holmes et al., 2005; Iselin & DeCoster, 2009; van Dijk et al., 2014) 내에서도 시행 조건에 따라 순행성 통제와 반응성 통제의 요구도가 달라진다. AX-CPT의 단서 자극은 표적을 예측하는 단서 A (target cue)와 그 외의 단서인 B (non-A), 탐색자극은 표적인 X (target probe)와 그 외의 자극인 Y (non-target probe)로 구성된다. 따라서 단서-탐색자극 쌍은 표적 반응이 요구되는 AX쌍과 비표적 반응이 요구되는 AY쌍, BX쌍, BY쌍으로 구분된다. 이 중 표적 자극 쌍인 AX쌍을 일반적으로 가장 높은 비율 (예. 전체 시행 중 70%)로 제시하여 탐색자극 X가 출현했을 때 표적 반응을 하도록 편향시키기 때문에 비표적 반응을 해야 하는 BX쌍의 경우 B 단서가 제시되었을 때 순행성 억제가 잘 발휘되어야 간섭을 해소하고 정확한 반응을 할 수 있다. 또한 단서 A는 다음에 탐색자극인 X가 출현할 것이라 예상하게 하여 표적 반응에 편향시키므

로, AY 쌍에서 정확한 반응을 하려면 탐색자극 Y가 제시되었을 때 준비되었던 표적 반응을 억제하는 반응성 통제를 발휘해야 한다. 즉, 단서-탐색자극 쌍에 따라 순행성 통제와 반응성 통제가 필요한 정도가 달라져 참가자의 인지통제 특성이나 전략에 따라 수행 양상의 차이가 나타날 수 있다 (Braver, Barch, & Cohen, 1999; Lopez-Garcia et al., 2016; Zhang, Kang, Wu, Ma, & Guo, 2015). 순행성 통제 기전이 우세하게 작동하면, 주어진 단서로부터 맥락정보를 얻어 반응을 준비하므로 준비된 반응이 곧 탐색자극에 대한 정확 반응에 해당하는 AX쌍과 BX, BY쌍의 수행에 유리한 반면, 단서에 따라 준비된 반응이 부적절한 AY쌍에서는 더 많은 간섭을 경험할 수 있다. 반대로 반응성 통제 기전이 우세하게 작동하면, 제시된 단서로 미리 반응을 준비하기보다는 탐색자극이 제시되면 그제서야 맥락정보를 재활성화하기 때문에, 탐색자극의 정보만으로도 정확한 반응이 가능한 AX, AY, BY쌍에서는 큰 어려움이 없지만, 탐색자극이 표적 자극 쌍과 일치하여 정확한 반응을 위해 단서 정보가 필수적인 BX쌍에서는 많은 간섭을 경험할 수 있다(Braver et al., 2007; Cooper, Gonthier, Barch, & Braver, 2017).

AX-CPT 과제는 과제조건을 다양하게 변형하여 두 인지 통제 모드에 의존하는 정도를 다르게 편향시킬 수 있다 (Iselin & DeCoster, 2009; Redick, 2014; Gonthier, Macnamara, Chow, Conway & Braver, 2016). 표적 자극 쌍인 AX의 제시 비율은 단서가 뒤따르는 탐색자극을 신뢰할만하게 예측하는 정도와 표적 반응에 반응이 편향되는 정도에 영향을 미친다. AX쌍의 제시 비율이 증가하고 AY쌍에 비해 우위를 점할수록 탐색자극 X에 대한 A 단서의 예측력이 증가하는 동시에 반응을 표적 반응에 편향시켜서, 단서를 활용하여 순행성 통제를 잘 발휘하는 것이 정확한 반응에 유리해진다. 한편 예측할 수 없게 일부 탐색자극 대신 nogo 자극을 제시하여 준비했던 반응을 억제하게 하는 nogo 시행은 반응성 통제를 요구하여, 이를 포함한 AX-CPT 과제는 순행성 통제에 대한 편향을 감소시킨다(Gonthier et al., 2016). 따라서 AX-비율을 조정하고 nogo 시행을 포함한 과제조건을 사용하여, 순행성 통제와 반응성 통제 모드에 대한 요구도를 각각 조작할 수 있다. 이와 같이 AX-CPT의 조건을 체계적으로 변형시키고 각 과제조건에 따라 수행 양상을 탐색하는 것은 인지통제 특성을 세부적으로 이해하는 데 도움이 될 것이다.

본 연구에서는 성인 ADHD 집단의 인지통제 결함을 순행성 통제와 반응성 통제로 구분하여 탐색하고자 한다. AX-CPT를 AX쌍의 제시 비율과 nogo 시행을 이용하여 순

행성 통제와 반응성 통제에 대한 요구도를 조작하고 각 조건에 따른 수행 양상을 조사할 것이다. 또한 ADHD에서 흔히 동반되는 높은 우울의 영향을 통제하기 위해, 정상 집단과 함께 ADHD 증상이 없는 우울 집단을 비교집단으로 하여 성인 ADHD 집단의 인지통제 속성을 탐색할 것이다.

방 법

참가자

본 연구는 온라인 커뮤니티, J도의 대학병원을 통해서 모집된 18세 이상 국내 성인 546명을 대상으로 온라인 혹은 오프라인 설문으로 선별하여 아래의 기준에 해당하는 성인 ADHD 29명, ADHD 증상이 없는 우울한 성인 17명, ADHD 증상과 우울 증상이 모두 없는 정상 성인 31명을 모집하였다.

각 집단의 포함 및 배제 기준은 다음과 같다. 성인 ADHD 집단은 아동기와 성인기에 모두 ADHD 증상을 보고한 이들로 구성된다. 한국판 성인 ADHD 자기보고 척도 (Korean Version of the WHO Adult ADHD Self-Report Scale, K-ASRS; Kim, Lee & Joung, 2013)에서 변별력이 높다고 알려진 6개 문항 중 4개 이상을 만족하거나(Kessler et al., 2005), 전체 18개 문항의 총점이 32점 이상일 경우 (Heo et al., 2018), 성인기 ADHD에 충족하는 증상을 가진 것으로 간주하였다. 아동기 증상은 부주의 증상 하위요인과 과잉행동-충동성 하위요인 각 9문항으로 구성된 Barkley와 Murphy(2006)의 척도를 한국어로 번안한 ADHD 증상 척도(Kim, 2003)를 이용하였다. 원저자의 방식대로 각 문항에 아동기(5-12세)를 회고하여 0(전혀 그렇지 않다)-3점(매우 자주 그랬다)의 리커트 척도로 보고하게 하였고 2점 이상 보고하면 해당 증상이 있는 것으로 간주하였다. 전체 18개의 증상 중 6개 이상의 증상을 보고하면 아동기 ADHD 증상이 있었던 것으로 간주하였다. 우울 집단은 성인기, 아동기 ADHD 증상이 없으며, 한국판 통합적 CES-D(Center for Epidemiological Studies-Depression Scale; Chon, Choi & Yang, 2001)를 사용하여 확실한 우울증 절단점(definite depression cut-off point)인 CES-D 25점을 초과하는 사람들을 선별하였다. 정상 집단은 ADHD 증상이 없으며 유력 우울증 절단점(probable depression cut-off point)인 16점 미만인 사람들로 구성하였다(Cho & Kim, 1993).

세 집단을 대상으로 한국판 Mini-International Neuropsychiatric Interview(K-MINI, Yoo et al., 2006)를 사용하여, 경조증 삽화, 조증 삽화, 알코올 의존, 정신병적

장애 등 인지기능에 영향을 미칠 수 있는 정신질환에 해당하는 사람을 배제하였다. 또한 본 연구가 성인 ADHD의 사회인지에 대한 연구와 함께 수행되어 사회인지와 관련될 수 있는 사회불안 장애와 반사회성 성격장애를 가진 이들도 배제하였다. K-MINI 결과, ADHD 집단은 현재 주요우울삽화 13명(범불안 장애 공병 7명 포함), 범불안 장애 2명, 공황장애 1명이 포함되었으며, 우울 집단의 경우 현재 주요우울삽화 12명(범불안 장애 공병 3명 포함), 범불안 장애 2명, 광장공포증 1명이 포함되었고, 정상 집단은 모두 어떤 장애에도 해당하지 않았다. 지능에 따른 차이를 통제하기 위해 한국판 성인 지능 검사 4판(K-WAIS-IV; Hwang, Kim, Park, Chey & Hong, 2012)의 소검사들 중 일반지능을 잘 반영하는 어휘 및 행렬추론 소검사로 지능수준을 측정하고 숫자 소검사로 작업기억을 측정하였다(Canivez & Watkins, 2010).

AX-연속수행검사(AX-Continuous Performance Test, AX-CPT)

인지통제를 조사하기 위해 선행 연구들(Gonthier et al., 2016; Redick, 2014)에서 사용된 과제를 변형하여 소프트웨어 E-prime 2.0(Psychology Software Tools, Pittsburgh, USA)으로 제작하였고, 노트북을 이용하여 실험을 진행하였다. 실험 자극은 15.9인치 노트북 화면 중앙에 제시되었고, 참가자와 모니터 간 거리는 60cm를 유지하였다. 참가자의 명명반응은 키보드를 통해 수집되었다.

단서와 탐색자극은 0을 제외한 숫자로, nogo 자극은 숫자와 혼동될 수 있는 ‘I’, ‘O’를 제외한 알파벳 대문자로 구성하였다. 단서와 탐색자극을 혼동하지 않도록 단서는 하늘색

으로 탐색자극은 하얀색으로 제시하였으며, 자극 간 간격 동안에는 화면 중앙에 +가 제시되었다. 참가자는 AX쌍(예, 7-2)의 탐색자극에만 표적 반응인 H키를 눌러야 하며, 그 외의 자극 쌍(AY쌍, BX쌍, BY쌍)의 탐색자극과 단서 자극에 대해서는 비표적 반응인 G키를 눌러야 한다(우세손이 왼손인 경우, 반대키를 눌러야 함). 또한 탐색자극 대신 nogo 자극인 알파벳이 제시되는 시행에서는 반응을 철회해야 한다. Figure 1에서 보는 것처럼, 각 시행에서 단서의 제시 시간은 500ms이며 자극 간 간격의 제시 시간은 1500ms, 탐색자극의 제시 시간은 500ms, 시행 간 간격은 1000ms이다.

실험 조건은 표적 자극 쌍인 AX쌍의 제시 비율이 각각 40%와 70%인 조건, nogo 시행이 포함되지 않은 기저 조건과 포함된 nogo 과제조건으로 구분된다. AX-40 조건은 AX 40%, AY 40%, BX 10%, BY 10%로 구성되며 표적 자극 쌍은 4-9이다. AX-70 조건은 AX 70%와 나머지 쌍이 각각 10%씩 제시되며, 표적 자극 쌍은 7-2이다. 각 비율 조건의 표적 자극 쌍은 다른 비율 조건의 자극 쌍에서 제외하였다. AX-40 조건과 AX-70 조건은 역균형화(counterbalancing)하였고, 각 AX-비율 조건 내에서 기저 과제 다음 nogo 시행이 포함된 nogo 과제의 순서로 시행되었다. AX-40과 AX-70 조건 모두에서 기저 과제는 150 시행으로 구성되었다. nogo 과제는 여기에 30 nogo 시행이 추가되었으며, 시행에 사용된 각 단서들의 제시 빈도에 비례하게 nogo 시행을 배정하여 특정 단서가 nogo 자극을 예측하지 못하도록 하였다. 각 쌍의 탐색자극에 대한 정확반응의 반응시간, 정확률, 누락 오류와 오반응 오류를 측정하였다. 반응을 억제해야 하는 nogo 시행에서는 정확히 반응을 억제

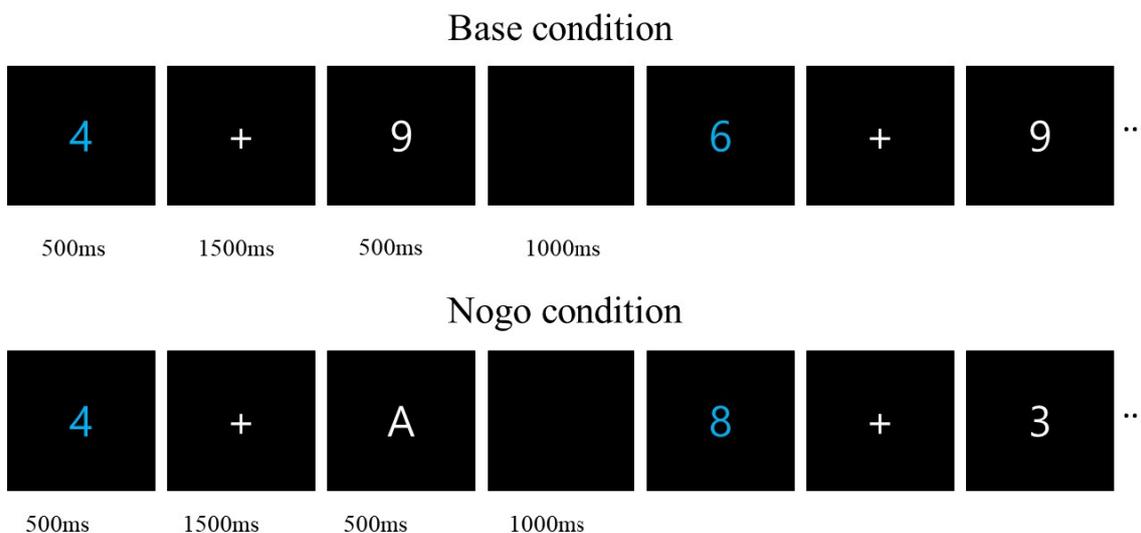


Figure 1. Trial examples of the AX-CPT
sky blue number = cue, white number = probe, white alphabet = nogo

한 비율로 정확률을 계산하였다.

통계분석

집단 간 인구통계학적 특성과 아동기 ADHD 증상, 성인기 ADHD 증상, 지능의 차이를 확인하기 위해 일원변량분석과 카이제곱검증(χ^2)을 실시하였다. AX-비율(AX-40, AX-70), 과제조건(base, nogo)과 집단(ADHD 집단, 우울 집단, 정상 집단) 간 정확률 평균과 정확시행의 평균 반응시간의 비교를 위해 혼합변량분석을 실시하였다. 실험에 참가한 총 77명의 참가자 중, 매우 낮은 정확률(AX 시행 정확률 < 60%)을 보여 과제에 집중하지 않은 것으로 판단되는 3명(ADHD 집단 2, 정상 집단 1)을 제외한 총 74명의 자료를 분석하였다.

결 과

인구통계학적 특성

참가자의 인구통계학적 변인은 Table 1에 제시되었다. 성별, 연령, 지능(어휘, 행렬추론)에서 집단 간 차이를 보이지 않았으며(all $ps > .100$), 아동기와 성인기의 ADHD 증상, CES-D 점수에서 집단 간의 유의한 차이를 보였다($p < .001$). ADHD 증상 중 성인기 증상은 ADHD 집단이 우울 집단, 정상 집단에 비해 더 높고(all $ps < .001$), 우울 집단은 정상 집단에 비해 더 높은 것으로 나타났다($p = .032$). 아동기 증상 또한 ADHD 집단이 우울 집단과 정상 집단에 비해 더 높은 것으로 나타났으나(all $ps < .001$), 우울 집단

과 정상 집단 간 차이는 보이지 않았다($p > .500$). CES-D 점수는 정상 집단에 비해 ADHD 집단과 우울 집단 모두 더 높았으며(all $ps < .001$), ADHD 집단과 우울 집단 간 차이는 유의하지 않았다($p > .500$). 작업기억을 측정하는 숫자 소검사에서 ADHD 집단이 낮은 수행을 보였으나, 집단 간 차이가 유의하지는 않았다($p = .119$).

AX-CPT 수행의 집단 비교

전체 시행의 수행에 대한 삼원혼합변량분석(three way mixed ANOVA)결과, 정확률(accuracy rate, ACC)은 집단과 과제조건(기저, nogo)의 주효과만 유의하였으며(집단 $F(2,71) = 5.377, p = .007, \eta^2 = .132$; 과제조건 $F(1,71) = 51.731, p < .001, \eta^2 = .421$), 상호작용효과는 유의하지 않았다(all $ps > .100$) 정확률은 ADHD 집단, 우울 집단, 정상 집단 순으로 낮았으며, ADHD 집단과 정상 집단의 차이는 유의하였고($p = .006$), 다른 집단 간 차이는 유의하지 않았다(ADHD vs. 우울, $p > .500$; 우울 vs. 정상, $p = .153$). 과제조건에 따른 수행 정확률은 기저 조건에 비해 nogo 조건에서 더 낮았다. 반응시간에서 집단의 주효과는 유의하지 않았으나($F(2,71) = .375, p = .688, \eta^2 = .010$), 과제조건과 AX-비율의 주효과는 유의하였다(과제조건 $F(1,71) = 367.167, p < .001, \eta^2 = .838$; AX-비율 $F(1,71) = 181.790, p < .001, \eta^2 = .719$). 참가자들은 기저 조건보다 nogo 조건에서 더 느리게 반응하였으며, AX-70보다 AX-40에서 더 느리게 반응하였다. AX-비율, 과제조건, 집단 간의 상호작용효과는

Table 1. Demographic variable, ADHD symptoms and depression by study group (N = 74)

| | ADHD (n = 27) | Depression (n = 17) | Normal (n = 30) | χ^2 or F | post-hoc |
|------------------|------------------|------------------------|--------------------|---------------|---------------------|
| | M(SD) | M(SD) | M(SD) | | |
| Sex(M:F) | 12:15 | 7:10 | 14:16 | .13 | |
| Age | 23.63(4.26) | 21.71(2.85) | 22.63(3.25) | 1.55 | |
| ADHD symptom | | | | | |
| Childhood | 32.30(9.57) | 7.00(6.97) | 7.30(5.74) | 93.23* | a > d, a > n |
| Adulthood | 47.85(10.93) | 20.59(9.55) | 13.27(7.06) | 106.69* | a > d, a > n, d > n |
| CES-D | 31.15(14.06) | 31.59(4.23) | 7.80(3.51) | 60.59* | a > n, d > n |
| K-WAIS-IV | | | | | |
| Vocabulary | 12.85(2.09) | 12.71(1.57) | 12.70(2.29) | .05 | |
| Matrix reasoning | 11.63(2.68) | 12.29(2.26) | 12.93(2.96) | 1.64 | |
| Digit span | 10.37(2.44) | 11.24(2.02) | 11.50(1.76) | 2.19 | |

Significant for $p < .001$ *

Note. a : ADHD, d : depression, n : normal

모두 유의하지 않았다(all p s > .500).

단서-탐색자극 쌍의 유형별로 각 집단의 정확률과 정확 반응의 평균 반응시간에 대한 분석을 실시하였으며, 집단의 기술 통계량은 Table 2에 제시하였다. 각 쌍의 정확률에 대한 분석 결과를 보면, AX 시행에서 집단의 차이는 유의하지 않았으나($F(2,71) = 2.899, p = .062, \eta^2 = .075$), 과제조건과 AX-비율의 주효과가 유의하였다(과제조건 $F(1,71) = 23.615, p < .001, \eta^2 = .250$; AX-비율 $F(1,71) = 45.881, p < .001, \eta^2 = .393$). 참가자들은 전체 시행에서와 같이 기저 조건에 비해 nogo 조건에서 정확률이 낮았고, AX-70에

비해 AX-40에서 정확하게 반응하지 못하였다. AX쌍의 정확률에서 상호작용효과는 과제조건과 AX-비율 간에서만 유의하였는데($F(1,71) = 17.031, p < .001, \eta^2 = .193$), 참가자들은 기저 조건에서 nogo 조건으로 변화에 따른 정확률 차이가 AX-70보다 AX-40에서 더 큰 것으로 나타났다. AY 쌍의 정확률에서도 집단 간 차이는 유의하지 않았고($F(2,71) = 2.581, p = .083, \eta^2 = .068$), AX-비율의 주효과만이 유의하였는데($F(1,71) = 117.466, p < .001, \eta^2 = .623$), 참가자들은 AX-70보다 AX-40에서 더 정확하게 수행하였다. BX쌍의 경우, 집단과 과제조건 주효과가 유의하였다(집단

Table 2. ACC(SD)s and mean RT(SD)s of the three groups on nogo AX-CPT performance

| ACC | | base | | | nogo | | |
|-------|----|----------|------------|----------|----------|------------|----------|
| | | ADHD | Depression | Normal | ADHD | Depression | Normal |
| AX-40 | AX | .94(.06) | .95(.04) | .96(.03) | .90(.08) | .90(.07) | .93(.05) |
| | AY | .94(.07) | .94(.04) | .96(.05) | .92(.08) | .94(.05) | .95(.05) |
| | BX | .90(.11) | .96(.08) | .96(.05) | .85(.16) | .93(.08) | .96(.05) |
| | BY | .95(.05) | .99(.02) | .97(.05) | .96(.07) | .98(.04) | .99(.03) |
| AX-70 | AX | .96(.03) | .96(.04) | .97(.02) | .95(.05) | .95(.06) | .97(.02) |
| | AY | .77(.19) | .75(.16) | .85(.14) | .74(.23) | .73(.19) | .82(.13) |
| | BX | .92(.13) | .94(.09) | .98(.04) | .92(.08) | .90(.09) | .96(.06) |
| | BY | .95(.08) | .99(.04) | .98(.06) | .95(.07) | .98(.04) | .98(.03) |

| RT | | base | | | nogo | | |
|-------|----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | ADHD | Depression | Normal | ADHD | Depression | Normal |
| AX-40 | AX | 359.19 (39.43) | 361.01 (30.25) | 362.01 (30.90) | 387.83 (40.92) | 384.62 (28.92) | 389.27 (35.02) |
| | AY | 424.44 (41.21) | 430.92 (36.65) | 427.82 (40.04) | 450.96 (35.40) | 448.99 (40.12) | 454.78 (38.10) |
| | BX | 249.22 (54.65) | 255.36 (42.06) | 257.58 (57.49) | 364.37 (42.85) | 363.26 (54.06) | 393.40 (52.23) |
| | BY | 260.08 (63.73) | 264.12 (34.54) | 251.00 (49.34) | 364.52 (34.19) | 360.59 (35.53) | 381.98 (36.16) |
| AX-70 | AX | 321.15 (43.58) | 321.14 (30.09) | 332.30 (27.02) | 339.36 (40.21) | 345.29 (23.58) | 347.93 (31.42) |
| | AY | 463.49 (77.41) | 466.68 (64.34) | 473.60 (76.00) | 526.15 (68.88) | 533.09 (77.79) | 519.96 (46.73) |
| | BX | 226.71 (63.90) | 233.49 (41.90) | 229.02 (46.71) | 347.55 (60.75) | 335.20 (36.97) | 367.84 (45.87) |
| | BY | 235.49 (57.68) | 254.53 (42.41) | 234.13 (59.99) | 349.53 (40.15) | 355.96 (40.04) | 379.45 (40.35) |

Note. ACC = accuracy rate, mean RT = mean reaction time for correct response

$F(2,71) = 7.900, p = .001, \eta^2 = .182$; 과제조건 $F(1,71) = 6.956, p = .010, \eta^2 = .089$). ADHD 집단은 정상 집단에 비해 정확률이 낮았으며($p = .001$), 이외의 집단수행 차이는 유의하지 않았다(ADHD vs. 우울, $p = .275$; 우울 vs. 정상, $p = .264$). 과제조건은 다른 자극 쌍에서와 마찬가지로 기저 조건보다 nogo 조건에서 정확률이 감소하였다. BX쌍에서는 AX-비율과 집단의 상호작용효과가 유의하였는데($F(2,71) = 4.092, p = .021, \eta^2 = .103$), 단순주효과 분석 결과, AX-비율에 따라 집단 차가 다르게 나타났다(Fig. 2). AX-40 조건에서는 ADHD 집단이 다른 두 집단에 비해 BX에 대한 반응 정확률이 낮았고(ADHD vs. 우울 $p = .022$; ADHD vs. 정상 $p = .001$), 우울 집단과 정상 집단의 차이는 유의하지 않았다($p > .500$). AX-70에서는 ADHD 집단과 우울 집단 모두 정상 집단에 비해 반응 정확률이 낮았고(ADHD vs. 정상 $p = .020$; 우울 vs. 정상 $p = .039$), ADHD 집단과 우울 집단의 차이는 유의하지 않았다($p > .500$). BY 시행에서 집단의 주효과만이 유의하였는데($F(2,71) = 7.735, p = .001, \eta^2 = .179$), ADHD 집단은 다른 두 집단보다 정확률이 낮았고(ADHD vs. 우울 $p = .005$; ADHD vs. 정상 $p = .003$), 우울 집단과 정상 집단의 차이는 유의하지 않았다($p > .500$).

반응시간의 경우, 모든 단서-탐색자극 쌍에서 집단의 주효과는 유의하지 않았으며(all $ps > .10$), 모든 쌍에서 과제조건과 AX-비율의 주효과가 유의하였다(과제조건 all $ps < .001$; AX-비율 all $ps < .01$). 즉, 모든 유형의 자극 쌍에서 전체 수행과 일관되게 참가자들은 기저 조건에 비해 nogo 조건에서 더 느리게 반응하였다. AY쌍에서는 AX-40보다 AX-70의 반응시간이 더 길었고, 그 외 다른 자극 쌍에서는

AX-70보다 AX-40에서 반응시간이 길었다. 상호작용효과는 AY쌍에서 과제조건과 AX-비율 간에서만 유의하였는데, 기저 조건과 nogo 조건의 반응시간의 차이가 AX-40보다 AX-70에서 더 큰 것으로 나타났다($F(1,71) = 25.313, p < .001, \eta^2 = .263$).

nogo 시행의 집단 비교

앞서 분석된 수행은 모두 반응을 하게 하는 CPT 시행(go)의 반응 정확률과 반응시간에 대한 것으로 nogo 자극에 준비했던 반응을 정확히 억제하는 nogo 시행의 수행은 포함하지 않는다. 이에 추가적으로 nogo 시행의 반응억제 정확률에 대해 집단(ADHD 집단, 우울 집단, 정상 집단), nogo 시행의 단서 유형(A 단서, B 단서), AX-비율(AX-40, AX-70)의 효과를 확인하기 위해 혼합변량분석을 실시하였다. 그 결과, 집단의 주효과가 유의하였다($F(2,71) = 7.412, p = .001, \eta^2 = .173$). ADHD 집단과 우울 집단 모두 정상 집단에 비해 nogo 시행에서 정확하게 반응을 억제하지 못하였고(ADHD vs. 정상, $p = .005$; 우울 vs. 정상, $p = .006$), ADHD 집단과 우울 집단의 차이는 유의하지 않았다($p > .500$). 또한 nogo 시행의 단서 유형과 AX-비율에서 주효과가 유의하였는데(단서 유형 $F(1,71) = 58.059, p < .001, \eta^2 = .450$; AX-비율 $F(1,71) = 3.967, p = .050, \eta^2 = .053$), 참가자들은 비표적 반응을 예견하는 단서 B가 선행된 nogo 시행보다 단서 A가 선행된 nogo 시행에서 더 정확하게 반응을 억제하였고, AX-70보다 AX-40에서 더 정확하게 억제하였다. 상호작용효과는 nogo 시행의 단서 유형과 집단 간의 상호작용효과만 유의했는데($F(2,71) = 7.288, p = .001, \eta^2 = .170$), A-nogo 시행에서는 집단 간 정확률 차이가 나

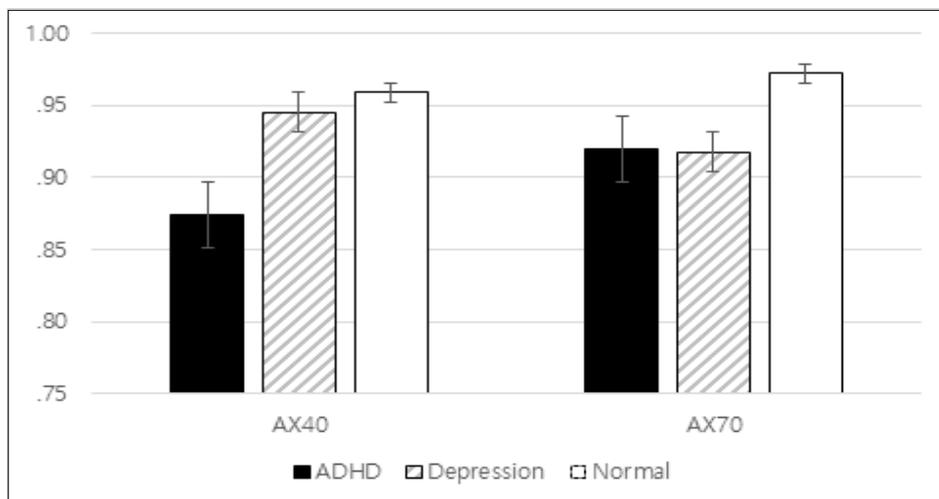


Figure 2. The accuracy rate of BX trials by AX-proportion. Errors bars represent plus and minus one standard error

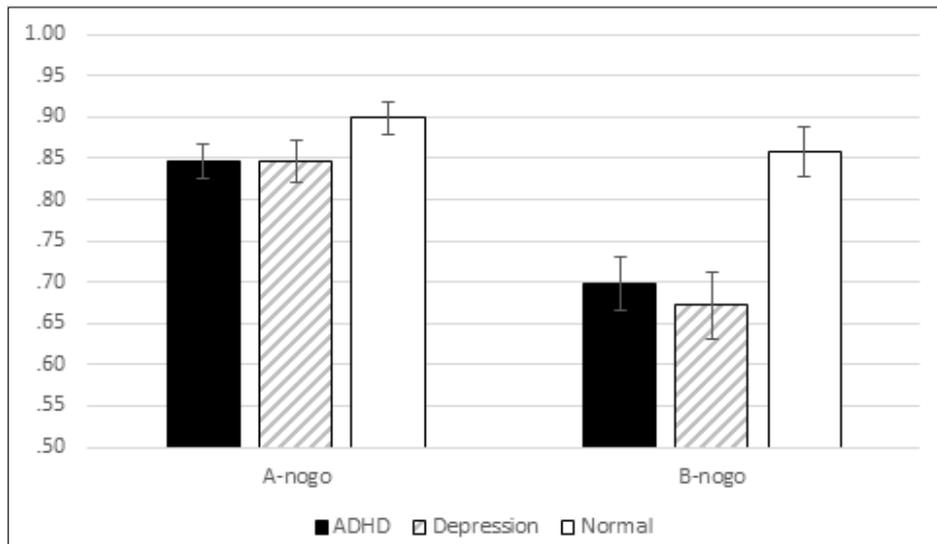


Figure 3. The accuracy rate of nogo trials in each group by the cue types. Errors bars represent plus and minus on standard errors.

타나지 않았으나(all p s > .05), B-nogo 시행에서는 ADHD 집단과 우울 집단이 정상 집단에 비해 정확률이 더 낮고 (ADHD vs. 정상 p = .002; 우울 vs. 정상 p = .001), ADHD 집단과 우울 집단의 차이는 유의하지 않았다(p > .500)(Fig. 3).

논 의

본 연구는 인지통제의 이중기제 이론에 근거하여 성인 ADHD 집단의 인지통제 결함을 확인하고자, 성인 ADHD 집단의 인지통제 과제의 수행을 우울 집단, 정상 집단과 비교 탐색하였다. 순행성 통제와 반응성 통제 요구도를 조작하기 위해, AX-비율(AX-40, AX-70)과 nogo 시행 포함 여부(기저조건, nogo 조건)에 따라 조건이 구분되는 AX-CPT를 사용하였다. 구체적으로 표적 자극 쌍인 AX의 비율을 조정하여 순행성 통제 요구도(proactive control demand)를 조작하였으며, 반응성 억제가 필요한 nogo 시행을 포함한 nogo 과제로 반응성 통제 요구도(reactive control demand)를 조정하였다. 본 연구에서는 선행 연구들에서와 일치하게 CPT 수행이 기저 조건에 비해 nogo 조건에서 저하되어 nogo 시행의 간접 효과가 확인되었고, 보다 순행성 통제로 편향되도록 유도하는 AX-70에서 AX-40보다 반응성 통제에 의존적인 AY 자극 쌍의 수행은 저하되고 그 외의 시행에서 전반적으로 수행이 향상되어(Gonthier et al, 2016; Redick, 2014), AX-비율과 nogo 시행을 이용하여 인지통제 요구도 조작이 가능한 것으로 나타났다.

AX-CPT 수행에서 성인 ADHD 집단, 우울 집단, 정상

집단을 비교한 결과는 다음과 같다. 전체 CPT 시행에서 정확 반응의 평균 반응시간에서는 집단 차가 없었지만, 정확률에서 ADHD 집단이 정상 집단보다 낮은 수행을 보였다. 우울 집단도 정상 집단보다 정확률이 약간 낮은 편이지만 그 차이가 유의한 정도는 아니었다. 또한 nogo 시행에서 반응 억제 정확성은 ADHD 집단과 우울 집단 모두 정상 집단보다 저하되어 있었다. 이는 성인 ADHD 집단은 전반적인 인지통제 결함을 보이고, 우울 집단은 성인 ADHD보다 순행성 통제 저하는 덜하고 반응성 통제는 유사한 수준으로 저하되어 있음을 시사한다.

단서-탐색자극 쌍의 유형을 세분화하여 살펴보면, 특히 순행성 통제에 민감한 BX 시행에서 ADHD 집단은 정상 집단에 비해 두드러지게 낮은 수행을 보였다. 정상 집단에 비해 우울 집단도 다소 저하되어 있었으나 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 이러한 결과는 청소년 및 초기 성인을 대상으로 한 Iselin과 DeCoster(2009)의 AX-CPT 연구에서 ADHD 증상이 BX 시행에서의 낮은 수행과 관련되었던 것과 일치한다. 또한 본 연구에서 BX 시행의 정확률의 집단 차이는 AX-비율에 따라 다르게 나타났다. 정상 집단과 비교하여 ADHD 집단은 AX-70과 AX-40 모두에서 일관되게 저하된 수행을 보인 데 비해, 우울 집단은 순행성 통제의 의존도가 강화된 AX-70에서만 수행이 저하되었다. ADHD 집단은 BX 시행과 마찬가지로 단서 B가 비표적 반응을 준비시키지만 단서-탐색자극 간 갈등이 없는 BY 시행에서도 정상 집단보다 낮은 수행을 보여, 선행하는 단서를 이용하여 탐색자극에 대한 반응을 과제목표에 부합하게 순행적으로 준비시키는데 전반적으로 어려움이 있는 것으로 보인다. 이에

비해 ADHD가 아닌 우울 집단은 탐색자극 X가 활성화시키는 표적 반응에 맥락적으로 강하게 편향시킨 조건(AX-70)에서만 사전 단서 B를 이용하여 그 반응을 순행적으로 억제하는 데 어려움을 보였다. 이러한 결과에서 성인 ADHD 집단은 지속 주의 및 작업기억의 저하로 선행된 단서를 이용하여 반응을 미리 준비하는 순행성 통제에 전반적인 어려움이 있는 것으로 시사된다. 이에 비해 우울 집단은 선행된 단서 정보를 유지할 수 있지만, 맥락적으로 강하게 편향되었던 반응이 탐색자극에 의해 활성화되어 단서에 따라 준비했던 반응과 충돌하는 상황, 즉 강한 순행성 반응억제가 요구되는 상황에서 결함을 보이는 것으로 시사된다.

반응성 통제의 측면을 살펴보면, AX-CPT의 AY쌍에서는 세 집단의 차이가 나타나지 않았으나, nogo 시행의 수행에서는 집단 간 차이가 있었다. 다시 말해 준비했던 표적 반응 대신 다른 비표적 반응을 선택해야 하는 수준의 억제가 아니라, 탐색자극 대신 nogo 자극이 등장하여 준비했던 모든 운동반응을 철회하기 위해 강한 반응성 억제를 발휘해야 하는 nogo 시행에서 집단 차가 두드러지게 나타났다. nogo 시행에서 ADHD 집단과 우울 집단 모두 정상 집단에 비해 반응 억제에 더 큰 어려움을 보였다. 이러한 집단 차이는 세부적으로 nogo 자극에 선행되는 단서에 따라서도 다르게 나타났는데, 단서 A가 선행된 시행에서는 집단 차가 나타나지 않았고 단서 B가 선행된 nogo 시행에서만 ADHD 집단과 우울 집단이 정상 집단에 비해 낮은 수행을 보였다. 단서 A는 탐색자극으로 무엇이 제시되는지에 따라 표적 반응과 비표적 반응 모두 적합한 반응일 가능성을 갖는 것과 달리, 비표적 단서 B는 탐색자극과 상관없이 비표적 반응만이 적합한 반응으로 예상된다. 따라서 단서가 출현한 뒤 nogo 자극이 나타나는 시점에서, 단서 A에 대해 준비된 반응은 표적 반응과 비표적 반응으로 분산되는 데 비해, 단서 B에 대해서는 비표적 반응으로만 강하게 편향되어 준비하므로 단서 B에 준비한 반응에 대해 더 강한 억제가 필요할 것이다. 즉, ADHD 집단과 우울 집단은 사전 단서에 의해 준비했던 반응을 탐색자극에 따라 또 다른 대안 반응으로 전환하는 데(AY 자극 쌍)에는 큰 어려움이 없지만, 강하게 편향되어 준비했던 반응을 철회하는 반응성 억제를 발휘하는 데(B-nogo)는 어려움이 있는 것으로 보인다.

한편 위에 언급된 바와 같이 본 연구에서 집단 간 차이는 모두 수행의 정확도에 대한 것이며, 반응시간에서는 집단 간 차이가 나타나지 않았다. 이는 선행 연구에서 지적했듯이, ADHD 집단이 정상 집단보다 큰 반응시간의 변산성을 보이기 때문일 수 있다(Boonstra, Oosterlaan, Sergeant

& Buitelaar, 2005).

본 연구의 의의와 추후 연구에 대한 시사점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 AX 제시 비율과 nogo 시행으로 조건을 조작한 AX-CPT 과제를 이용하여 성인 ADHD 집단의 인지통제 결함을 세부적으로 탐색할 수 있었다. 선행 연구들에서와 마찬가지로 표적 자극 쌍인 AX의 비율로 순행성 통제 모드에 대한 요구도를 조작하는 동시에, nogo 시행으로 반응성 통제 요구도를 조작하여 순행성 통제 결함과 반응성 통제 결함에 민감한 조건을 각각 포함시켰다. 이러한 과제를 통해 성인 ADHD의 순행성 통제 결함과 반응성 통제 결함을 확인하였다. 선행 연구들은 성인 ADHD의 전두엽 영역, 전대상회 영역, 선조체 영역 등에서의 활성화 감소를 밝혔는데(Bush, Valera & Seidman, 2005), 이러한 신경학적 결함이 성인 ADHD 집단의 전반적인 인지통제 결함과 관련되는 것으로 보인다. 한편 성인 ADHD의 치료 효과 연구들에서는 인지통제 훈련이 약물치료, 인지행동치료와 함께 성인 ADHD의 뇌 기능을 강화하고 증상을 완화하는 것으로 나타났는데(Jolles & Crone, 2012; Ramsay & Rostain, 2015; Solanto et al., 2010), 추후 연구에서는 순행성 통제와 반응성 통제로 세분화하여 성인 ADHD의 인지통제 결함에 대한 치료 효과를 확인할 필요가 있다.

두 번째, 본 연구에서는 성인 ADHD의 인지통제 기능을 정상 집단뿐만 아니라 ADHD와 공존이환이 높은 우울 집단과 비교함으로써, 성인 ADHD 집단의 인지통제 결함 중 우울 집단과 공통적으로 나타나는 결함을 확인하였다. 우울 증상의 수준에 따라 ADHD 집단의 인지기능을 조사한 선행 연구는 우울 증상이 심각할수록 과제 수행에서 더 많은 오류를 범하였고, 전환의 어려움, 시각적 주의 분산의 어려움이 있는 것으로 보고하였다(Armengol, 2003; Larochette, Harrison, Rosenblum & Bowie, 2011). 이러한 결과는 우울이 ADHD의 인지통제 결함을 가중시킬 가능성을 시사한다. 본 연구의 성인 ADHD 집단은 현재와 아동기의 ADHD 증상만으로 선별된 집단임에도 불구하고 주요우울삽화에 해당하는 우울 증상을 보고하는 이들이 상당수 포함되었고, 우울 집단에 필적할 만한 높은 우울 수준을 보고하였다. 이처럼 우울 수준이 높은 성인 ADHD 집단과 ADHD가 아닌 우울한 성인 집단이 강한 반응성 억제가 필요한 nogo 시행에서 공통적으로 수행이 저하되는 반응성 통제 결함을 보였는데, 이러한 결함은 두 집단에서 공통적으로 높게 보고한 우울과 관련될 가능성이 있다. 추가적으로 본 연구의 성인 ADHD 집단을 우울 집단의 선별 기준이었던 CES-D 25점 이상의 높은 우울을 동반한 ADHD($n = 17$, 범위 26-48)와 그렇지

않은 ADHD($n = 10$, 범위 9-22)로 구분하여 집단 차이를 분석한 결과, CPT 전체 시행 정확률이 AX-40의 nogo 조건에서만 우울을 동반한 ADHD가 그렇지 않은 ADHD에 비해 더 낮았고(평균차 = $-.056$, $p < .05$), 그 밖의 CPT 수행에서는 차이가 없었다. 또한 nogo 시행의 반응억제 정확률은 집단과 단서 유형의 주효과(집단, $p = .038$; 단서 유형, $p = .001$), 집단과 단서 유형 간의 상호작용($p = .043$)이 모두 유의하여, 우울하지 ADHD에 비해 우울을 동반한 ADHD가 특히 B 단서에 뒤따르는 nogo 시행에서 반응억제에 어려움을 보이는 것으로 나타났다. 더욱이 B nogo 수행에서 우울하지 않은 성인 ADHD의 반응억제 정확률(0.81)은 정상 집단의 정확률에 근접하였다. 한편 두 집단의 ADHD 증상 정도는 성인기와 아동기 모두에서 차이가 없었다(all $ps > .201$). 이러한 결과들은 우울한 성인 ADHD가 그렇지 않은 ADHD에 비해 반응성 통제 부담이 증가하는 상황에서 간섭에 더 취약하고 반응성 억제 결함이 더 두드러지며, 본 연구 결과에서 성인 ADHD가 보인 반응성 통제 결함은 상당 부분 높은 우울과 관련됨을 시사한다. 하지만 이를 일반화하기에는 본 연구에서 우울하지 않은 ADHD의 수가 매우 제한적이며, 선행 연구에서 성인 ADHD 집단의 우울 수준에 따라 인지적 차이가 없음이 보고되기도 하여(Boonstra et al., 2005; Paucke, Stibbe, Huang & Strauss, 2019), 추후 연구에서는 보다 충분한 크기의 비우울 성인 ADHD 집단을 포함하여 ADHD 특정적인 인지통제 결함을 확인할 필요가 있다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째 본 연구에서는 자기 보고에만 의존하여 ADHD 집단, 우울 집단, 정상 집단을 선별하여 진단의 정확성을 보장하기 어렵다. 특히 성인 ADHD 집단 선별에 중요한 아동기 ADHD 증상은 회고적인 자기 보고(retrospective self-report)에 의존하고 있는데, 과거 경험에 대한 기억은 현재의 인지, 정서, 신체적 건강 상태에 의해 편향될 위험이 있다. 둘째, 본 연구의 표본 크기는 ADHD 집단, 우울 집단이 각각 30명 미만으로 표본분포의 정규성과 일반화의 측면에서 충분하지 않았다. 또한 우울 집단이 다른 두 집단보다 현저히 작아 표본 크기의 동등성도 갖추지 못하였다. 각 집단을 표본 크기 30 이상으로 동등하게 구성하여 표본분포의 정규성을 확보하여 본 연구의 결과를 재확인할 필요가 있다. 셋째, 본 연구의 표본은 대부분 성인 초기의 대학생과 대학원생들로 구성되어 있어 일반성인으로 결과를 일반화하는 데 주의가 필요하다.

본 연구는 인지통제의 이중기제 이론에 기초하여 순행성 통제와 반응성 통제 요구도를 조작한 조건들이 포함된

AX-CPT를 사용하여, 성인 ADHD 집단의 인지통제 결함을 우울 집단, 정상 집단과 비교하여 확인하였다. 성인 ADHD 집단은 우울 집단에 상응하는 높은 우울을 보고하였고, 선행하는 단서를 이용하여 적합한 반응을 예상하고 준비하는 순행성 통제에 전반적인 어려움이 있는 것으로 나타났다. 또한 성인 ADHD는 우울한 성인들과 공통적으로 현재 정보에 따라 부적합한 반응을 즉각적으로 억제하는 반응성 통제에도 어려움이 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 성인 ADHD에서 보고되는 DLPFC를 포함한 순행성 통제 기전(Banich et al., 2009; Burgess et al., 2010)과 ACC를 포함한 반응성 통제 기전의 결함과 관련되는 것으로 보인다(Banich et al., 2009; Grane et al., 2016). 또한 성인 ADHD의 반응성 통제 결함은 이차적으로 동반되는 우울의 영향을 포함하는 것으로 시사된다.

References

- Advokat, C., Martino, L., Hill, B. D., & Gouvier, W. (2007). Continuous Performance Test (CPT) of college students with ADHD, psychiatric disorders, cognitive deficits, or no diagnosis. *Journal of Attention Disorders, 10*(3), 253-256.
- Alderson, R. M., Kasper, L. J., Hudec, K. L., & Patros, C. H. (2013). Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) and working memory in adults: A meta-analytic review. *Neuropsychology, 27*(3), 287-302.
- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders Fifth edition*. American Psychiatric Association.
- Antshel, K. M., Hier, B. O., & Barkley, R. A. (2014). Executive functioning theory and ADHD. In Goldstein, S., & Naglieri, J. A. (Eds.), *Handbook of Executive Functioning* (pp. 107-120). NY: Springer.
- Armengol, C. G. (2003). Effect of comorbid depression on continuous performance test (CPT) tasks in college students with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Revista Espanola de Neuropsicologia, 5*(1), 33-48.
- Banich, M. T., Burgess, G. C., Depue, B. E., Ruzic, L., Bidwell, L. C., Hitt-Laustsen, S., Du, Y. P., & Willcutt, E. G. (2009). The neural basis of sustained and transient attentional control in young adults with ADHD. *Neuropsychologia, 47*(14), 3095-3104.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of

- ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65-94.
- Barkley, R. A., & Murphy, K. R. (2006). *Attention-deficit hyperactivity disorder: A clinical workbook*: Guilford Press.
- Boonstra, A. M., Oosterlaan, J., Sergeant, J. A., & Buitelaar, J. K. (2005). Executive functioning in adult ADHD: A meta-analytic review. *Psychological Medicine*, 35(8), 1097-1108.
- Braver, T. S., Barch, D. M., & Cohen, J. D. (1999). Cognition and control in schizophrenia: A computational model of dopamine and prefrontal function. *Biological Psychiatry*, 46(3), 312-328.
- Braver, T. S., Gray, J. R., & Burgess, G. C. (2007). Explaining the many varieties of working memory variation: Dual mechanisms of cognitive control. In Conway, A. R. A., Jarrold, C., Kane M. J., Miyake, A., & Towse, J. N. (Eds.), *Variation in Working Memory*, (p. 76-106). Oxford University Press.
- Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: A dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(2), 106-113.
- Bredemeier, K., Warren, S. L., Berenbaum, H., Miller, G. A., & Heller, W. (2016). Executive function deficits associated with current and past major depressive symptoms. *Journal of Affective Disorders*, 204, 226-233.
- Burgess, G. C., Depue, B. E., Ruzic, L., Willcutt, E. G., Du, Y. P., & Banich, M. T. (2010). Attentional control activation relates to working memory in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*, 67(7), 632-640.
- Bush, G., Valera, E. M., & Seidman, L. J. (2005). Functional neuroimaging of attention-deficit/hyperactivity disorder: A review and suggested future directions. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1273-1284.
- Canivez, G. L., & Watkins, M. W. (2010). Investigation of the factor structure of the wechsler adult intelligence scale-fourth edition (WAIS-IV): Exploratory and higher order factor analyses. *Psychological Assessment*, 22(4), 827.
- Caye, A., Rocha, T. B. M., Anselmi, L., Murray, J., Menezes, A. M., Barros, F. C., Goncalve, H., Wehrmeister, F., Jensen, C. M., Steinhouse, H., C., & Swanson, J. M. (2016). Attention-deficit/hyperactivity disorder trajectories from childhood to young adulthood: Evidence from a birth cohort supporting a late-onset syndrome. *JAMA Psychiatry*, 73(7), 705-712.
- Cho, M. J., & Kim, K. H. (1993). Diagnostic validity of the CES-D (Korean version) in the assessment of DSM-III-R major depression. *Journal of Korean Neuropsychiatric Association*, 32(3), 381-399.
- Chon, K. K., Choi, S. J., & Yang, B. C. (2001). Integrated adaptation of CES-D in Korea. *Korean Journal of Health Psychology*, 6(1), 59-76.
- Cooper, S. R., Gonthier, C., Barch, D. M., & Braver, T. S. (2017). The role of psychometrics in individual differences research in cognition: A case study of the AX-CPT. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 1482.
- Dhar, M., Been, P. H., Minderaa, R. B., & Althaus, M. (2010). Information processing differences and similarities in adults with dyslexia and adults with attention deficit hyperactivity disorder during a continuous performance test: A study of cortical potentials. *Neuropsychologia*, 48(10), 3045-3056.
- Fischer, A. G., Bau, C. H., Grevet, E. H., Salgado, C. A., Victor, M. M., Kalil, K. L., ... & Belmonte-de-Abreu, P. (2007). The role of comorbid major depressive disorder in the clinical presentation of adult ADHD. *Journal of Psychiatric Research*, 41(12), 991-996.
- Fried, R., Surman, C., Hammerness, P., Petty, C., Faraone, S., Hyder, L., ... & Biederman, J. (2012). A controlled study of a simulated workplace laboratory for adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Psychiatry Research*, 200(2-3), 949-956.
- Gonthier, C., Macnamara, B. N., Chow, M., Conway, A. R., & Braver, T. S. (2016). Inducing proactive control shifts in the AX-CPT. *Frontiers in Psychology*, 7, Article 1822.
- Grane, V. A., Brunner, J. F., Endestad, T., Aasen, I. E. S., Kropotov, J., Knight, R. T., & Solbakk, A. K. (2016). ERP correlates of proactive and reactive cognitive control in treatment-naive adult ADHD. *PLoS One*, 11(7), e0159833.
- Gratton, G., Cooper, P., Fabiani, M., Carter, C. S., & Karayanidis, F. (2018). Dynamics of cognitive control: Theoretical bases, paradigms, and a view for the future. *Psychophysiology*, 55(3), e13016.
- Harvey, P. O., Fossati, P., Pochon, J. B., Levy, R., LeBastard, G., Lehericy, S., Allilaire, J. F., & Dubois, B. (2005). Cognitive control and brain resources in major depression: An fMRI study using the n-back task. *Neuroimage*, 26(3), 860-869.
- Heo, S., Kim, J. H., Joung, Y. S., Lee, W. I., Kim, J. J., Sohn, S. H., & Chang, S. A. (2018). Clinical utility of the Korean version of the WHO adult attention-deficit/

- hyperactivity disorder self-report scale screener. *Psychiatry Investigation*, 15(3), 325-329.
- Holmes, A. J., MacDonald III, A., Carter, C. S., Barch, D. M., Stenger, V. A., & Cohen, J. D. (2005). Prefrontal functioning during context processing in schizophrenia and major depression: an event-related fMRI study. *Schizophrenia Research*, 76(2-3), 199-206.
- Holmes, A. J., & Pizzagalli, D. A. (2007). Task feedback effects on conflict monitoring and executive control: Relationship to subclinical measures of depression. *Emotion*, 7(1), 68-76.
- Holmes, A. J., & Pizzagalli, D. A. (2008). Response conflict and frontocingulate dysfunction in unmedicated participants with major depression. *Neuropsychologia*, 46(12), 2904-2913.
- Hwang, S. T., Kim, J. H., Park, K. B., Chey, J. Y., & Hong, S. H. (2012). *Korean wechsler adult intelligence scale-IV; K-WAIS-IV*. Daegu: Korea Psychology Research Institute.
- Iselin, A. M. R., & DeCoster, J. (2009). Reactive and proactive control in incarcerated and community adolescents and young adults. *Cognitive Development*, 24(2), 192-206.
- Jolles, D., & Crone, E. A. (2012). Training the developing brain: A neurocognitive perspective. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, Article 76.
- Joormann, J., & Tanovic, E. (2015). Cognitive vulnerability to depression: Examining cognitive control and emotion regulation. *Current Opinion in Psychology*, 4, 86-92.
- Kessler, R. C., Adler, L., Ames, M., Demler, O., Faraone, S., Hiripi, E., Howes, M. J., Jin, R., Secnik, K., & Spencer, T. (2005). The World Health Organization adult ADHD Self-Report Scale (ASRS): A short screening scale for use in the general population. *Psychological Medicine*, 35(2), 245-256.
- Kim, E. J. (2003). The validation of Korean adult ADHD Scale(K-AADHDS). *Korean Journal of Clinical Psychology*, 22(4), 897-911.
- Kim, J. H., Lee, E. H., & Joung, Y. S. (2013). The WHO adult ADHD self-report scale: Reliability and validity of the Korean version. *Psychiatry Investigation*, 10(1), 41-46. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23482673>
- Kim, S. Y., Jang, M. S., Seo, W. S., & Bae, D. S. (2009). The difference of executive function in ADHD children with and without depression. *Journal of the Korean Society of Biological Therapies in Psychiatry*, 15(1), 21-28.
- King, J. A., Colla, M., Brass, M., Heuser, I., & von Cramon, D. Y. (2007). Inefficient cognitive control in adult ADHD: Evidence from trial-by-trial stroop test and cued task switching performance. *Behavioral and Brain Functions*, 3(1), 1-19.
- Larochette, A. C., Harrison, A. G., Rosenblum, Y., & Bowie, C. R. (2011). Additive neurocognitive deficits in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder and depressive symptoms. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 26(5), 385-395.
- Lee, J. W. (2019). Korean domestic trends of research and direction for adult ADHD. *The Journal of Developmental Disabilities*, 23(3), 1-23.
- Lee, S. M., Choi, J. W., Kim, K. M., Kim, J. W., ... , & Kim, B. N. (2016). The Guideline of diagnosis and treatment of attention-deficit hyperactivity disorder: Developed by ADHD translational research center. *Journal of the Korean Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 27(4), 236-266.
- Lopez-Garcia, P., Lesh, T. A., Salo, T., Barch, D. M., MacDonald, A. W., Gold, J. M., Daniel, R., Milton, S., Steven, M. S., & Carter, C. S. (2016). The neural circuitry supporting goal maintenance during cognitive control: A comparison of expectancy AX-CPT and dot probe expectancy paradigms. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 16(1), 164-175.
- Mackie, M. A., Van Dam, N. T., & Fan, J. (2013). Cognitive control and attentional functions. *Brain and Cognition*, 82(3), 301-312.
- McIntosh, D., Kutcher, S., Binder, C., Levitt, A., Fallu, A., & Rosenbluth, M. (2009). Adult ADHD and comorbid depression: A consensus-derived diagnostic algorithm for ADHD. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 5, 137-150.
- Mueller, A., Hong, D. S., Shepard, S., & Moore, T. (2017). Linking ADHD to the neural circuitry of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 21(6), 474-488.
- Neely, K. A., Wang, P., Chennavasin, A. P., Samimy, S., Tucker, J., Merida, A., ... & Huang-Pollock, C. (2017). Deficits in inhibitory force control in young adults with ADHD. *Neuropsychologia*, 99, 172-178.
- Owens, E. B., Zalecki, C., Gillette, P., & Hinshaw, S. P. (2017). Girls with childhood ADHD as adults: Cross-domain outcomes by diagnostic persistence. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 85(7), 723.
- Paucke, M., Stibbe, T., Huang, J., & Strauss, M. (2019). Differentiation of ADHD and depression based on

- cognitive performance. *Journal of Attention Disorders*, 1087054719865780. Advance online publication. <https://doi.org/10.1177/1087054719865780>
- Paulus, M. P. (2015). Cognitive control in depression and anxiety: Out of control?. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 1, 113-120.
- Ramsay, J. R., & Rostain, A. L. (2015). *Cognitive behavioral therapy for adult ADHD: An integrative psychosocial and medical approach second edition*. Routledge.
- Redick, T. S. (2014). Cognitive control in context: Working memory capacity and proactive control. *Acta Psychologica*, 145, 1-9.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). E-Prime (Version 2.0). [Computer software and manual]. Pittsburgh, PA Psychology Software Tools Inc.
- Schulz, K. P., Li, X., Clerkin, S. M., Fan, J., Berwid, O. G., Newcorn, J. H., & Halperin, J. M. (2017). Prefrontal and parietal correlates of cognitive control related to the adult outcome of attention-deficit/hyperactivity disorder diagnosed in childhood. *Cortex*, 90, 1-11.
- Sergeant, J. A., Geurts, H., Huijbregts, S., Scheres, A., & Oosterlaan, J. (2003). The top and the bottom of ADHD: A neuropsychological perspective. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 27(7), 583-592.
- Sidlauskaite, J., Dhar, M., Sonuga-Barke, E., & Wiersma, J. R. (2020). Altered proactive control in adults with ADHD: Evidence from event-related potentials during cued task switching. *Neuropsychologia*, 138, 107330.
- Sobanski, E. (2006). Psychiatric comorbidity in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 256(1), i26-i31.
- Solanto, M. V., Marks, D. J., Wasserstein, J., Mitchell, K., Abikoff, H., Alvir, J. M. J., & Kofman, M. D. (2010). Efficacy of meta-cognitive therapy for adult ADHD. *American Journal of Psychiatry*, 167(8), 958-968.
- Stordal, K. I., Lundervold, A. J., Egeland, J., Mykletun, A., Asbjørnsen, A., Landrø, N. I., ... & Lund, A. (2004). Impairment across executive functions in recurrent major depression. *Nordic Journal of Psychiatry*, 58(1), 41-47.
- Van Ameringen, M., Mancini, C., Simpson, W., & Patterson, B. (2011). Adult attention deficit hyperactivity disorder in an anxiety disorders population. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, 17(4), 221-226.
- van Dijk, F., Schellekens, A., van den Broek, P., Kan, C., Verkes, R. J., & Buitelaar, J. (2014). Do cognitive measures of response inhibition differentiate between attention deficit/hyperactivity disorder and borderline personality disorder?. *Psychiatry Research*, 215(3), 733-739.
- Vanderhasselt, M. A., De Raedt, R., De Paepe, A., Aarts, K., Otte, G., Van Dorpe, J., & Pourtois, G. (2014). Abnormal proactive and reactive cognitive control during conflict processing in major depression. *Journal of Abnormal Psychology*, 123(1), 68-80.
- West, R., Choi, P., & Travers, S. (2010). The influence of negative affect on the neural correlates of cognitive control. *International Journal of Psychophysiology*, 76(2), 107-117.
- White, H. A. (2007). Inhibitory control of proactive interference in adults with ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 11(2), 141-149.
- Yoo, S. W., Kim, Y. S., Noh, J. S., Oh, K. S., Kim, C. H., ... & Oh, D. J. (2006). Validity of Korean version of the mini-international neuropsychiatric interview. *Anxiety and Mood*, 2(1), 50-55.
- Zeeuw, P. D., & Durston, S. (2017). Cognitive control in attention deficit hyperactivity disorder. In T. Egner (Ed.), *The Wiley handbook of cognitive control* (p. 602-618). Wiley-Blackwell.
- Zhang, H., Kang, C., Wu, Y., Ma, F., & Guo, T. (2015). Improving proactive control with training on language switching in bilinguals. *NeuroReport*, 26(6), 354-359.

성인 ADHD와 우울한 성인의 인지통제 결함: 순행성 통제와 반응성 통제 요구도에 따른 AX-CPT 수행 비교

김인용¹, 박태원², 김호영¹

¹전북대학교 심리학과

²전북대학교 의과대학 정신건강의학교실

본 연구에서는 순행성 통제(proactive control)와 반응성 통제(reactive control)로 구분되는 기제를 통해 인지통제가 작동한다는 인지통제의 이중기제(Dual Mechanism of Control, DMC) 이론의 관점에서 성인 ADHD의 인지통제 결함의 특성을 탐색하였다. 이를 위해 성인 ADHD 27명, 정상 대조군 성인 29명이 본 연구에 참여하였으며, 성인 ADHD에서 흔히 동반되는 우울이 인지통제에 미치는 영향을 알아보기 위해 ADHD가 아닌 우울한 성인 17명도 참여하였다. 인지통제 과제로 사용된 AX-CPT는 4가지 유형의 단서-탐색자극 쌍(AX, AY, BX, BY)으로 구성되며, AX에는 표적 반응을 나머지 자극 쌍에는 비표적 반응을 하게 하는 연속수행과제이다. 본 연구에서는 표적 반응에 대응하는 단서-탐색자극 쌍인 AX의 비율(AX-40 vs. AX-70)로 순행성 통제의 요구도를, 탐색자극 대신에 반응을 억제해야 하는 nogo 자극이 제시되는 nogo 시행을 이용(기저 vs. nogo 조건)하여 반응성 통제의 요구도를 조작하였다. AX-비율 조건은 역균형화하였으며, AX-비율 조건 내에서 기저 조건, nogo 조건 순으로 실시되었다. 성인 ADHD 집단은 단서를 이용하여 반응을 사전에 준비하는 순행성 통제과정이 전반적으로 저하된 데 비해, 우울 집단은 강력히 편향된 반응을 순행적으로 억제해야 조건(AX-70의 BX)에서만 낮은 수행을 보였다. 또한 반응성 통제에 대한 요구도가 높은 nogo 시행에서는 ADHD 집단과 우울 집단 모두 정상 집단에 비해 낮은 수행을 보였다. 이러한 결과는 성인 ADHD가 순행성 통제와 반응성 통제를 포함한 전반적인 인지통제의 결함을 가짐을 시사하며, 반응성 통제 결함은 이차적 우울의 영향도 혼재되었을 가능성을 시사한다.

주제어: 인지통제의 이중기제 이론, 순행성 통제, 반응성 통제, AX-CPT, 성인 ADHD