정상아와 ADHD 아동에서 방해자극의 일치도와 SOA 가 목표자극 탐지에 미치는 영향

김성희, 도경수
성균관대학교 인지과학협동과정, 심리학과 (ksdo@skku.edu)

Effects of Congruence and SOA of distractors on target detection in Normal Children and ADHD Children

Sung Hee Kim, Kyung Soo Do
Department of Psychology, Sungkyunkwan University (ksdo@skku.edu)

ADHD 아동의 주의장애 원인이 반응 결정에서의 억제의 미숙인지, 전반적인 주의 기능의 미숙인지 알아보기 정상아동과 ADHD 아동을 대상으로 flanker 과제를 실시하였다. 실험 1 에서는 방해자극과 목표자극의 일치 (3: 일치, 불일치, 중립), 방해자극과 목표자극의 SOA (3: -100, 0, 100 ms), 집단 (2; 정상, ADHD)의 3 요인 실험을 실시하였다. 정상아와 ADHD 아동 간에 반응시간에서는 차이가 없었다. 그러나 정상아동에 비해 ADHD 아동이 부정확 반응을 더 많이 하였다. 특히 방해자극이 100 ms 먼저 제시되기 시작하는 SOA -100 ms 조건에서 두 집단의 차이가 크게 나타났다. 이 결과가 반응결정 단계에서의 억제에서 비롯되는 것인지 알아보기 위해 실험 2 에서는 목표자극의 반응 set(좌, 우)에 포함되지 않는 방해자극(상, 하로 향함)을 제시하는 무관련조건을 추가하여 실험을 실시하였다. 실험 1 과 같이 불일치 조건에서는 정상아동에 비해 ADHD 아동이 오반응을 더 많이 산출하였다. 그러나 무관련 조건에서는 정상아와 ADHD 아동 간에 오반응에서 차이가 없었다. 즉 두 집단 모두에서 중립조건보다 무관련 조건에서 반응시간은 길었으나, 오반응에서는 차이가 없었다. 즉 정상아와 ADHD 아동 모두 전반적인 주의에서는 차이가 없다는 것을 시사하였다. 두 실험의 결과는 정상아에 비해 ADHD 아동이 반응 결정 단계에서의 억제에서 차이가 나는 것을 시사하는 것으로 해석되었다.

주의력결핍·과잉행동장애 (Attention Deficit/Hyperactivity Disorder, 이하 ADHD)는 소아청소년 정신과 질환 중 가장 흔한 질환으로, 조기 발병하고, 만성적이며, 나이에 부적합한 행동을 하고, 활동 수준의 장애(hyperactivity)와 충동성(impulsivity), 부주의(inattentive)를 특징으로 한다(Nigg, 2001).[1] Barkely(1997)는 ADHD 에서 나타나는 문제들은 행동상의 억제(behavioral

[1] 본 논문에 실린 실험 자료는 첫 번째 저자의 석사학위청구논문에서 발췌한 것으로, 이 자료는 2010 년도 7th International Conference on Cognitive Science Society 에서도 발표될 예정임.

inhibition)의 어려움이 주요원인이라 하였다.[2] 그리고 Nigg(2001)은 ADHD 가 갖는 억제(inhibition)와 관련된 연구들을 종합하여 실행적 억제(executive inhibition)와 동기적 억제(motivational inhibition)의 2 가지로 구분하였다. 실행적 억제 장애는 다시 우세한 반응의 억제, 반사적 반응의 억제, 경쟁하는 2 차 반응의 억제, 내적 혹은 인지적 간섭 억제로 나누었다.

ADHD 와 관련된 억제 장애 연구들은 주로 멈춤 과제(stop task, go-nogo task)를 사용되었는데, 이 연구들에서는 ADHD 에서 우세하게 진행하고 있는 반응을 멈추고, 대안적인 행동을 하는 것에 어려움이 있음을 일관적으로 보고하였다. ADHD 에서 경쟁하는 2 차 반응의 억제, 즉 간섭 조절(interference control)에 대한 연구들은 많이 이루어지지 않았다.[3] 스트룹 과제를 이용한 간섭 조절 선행연구들에서는 ADHD 아동이 간섭 조절의 어려움을 갖는지에 대한 결과가 일관적이지 않았다. 이에 본 연구에서는 Flanker 과제를 이용하여, 경쟁하는 2 차 반응의 억제, 즉 간섭 조절에서 ADHD 아동과 일반 아동이 차이가 있는지를 알아보고자 하였다. 보다 구체적으로, 간섭 조절에 영향을 주는 요인으로서 목표자극과 방해자극의 개시되는 시간 차이(SOA)(실험 1)와 인지 부하(실험 2)를 조작해서 ADHD 아동과 일반 아동의 간섭 조절 패턴이 어떻게 다른지 알아보았다. 실험 2 에서는 기존의 일치, 불일치, 중립자극 조건 외에 목표자극과 유사하나 반응과는 무관한 방해자극(NRS: Non-target Response Set)) 조건을 추가하여, 방해자극 유형에 따른 간섭 조절의 차이가 있는지도 알아보았다.

[2] 그러나 Sergeant(2000)는 노력(effort), 각성 상태(arousal), 그리고 활성화 체계(activation system)와 같은 내적인 행동 조절 요인들로 인하여 행동의 억제가 조절된다고 하였다.

[3] 일상생활에서 2 차 반응을 억제하는 것은 매우 중요한 역할을 한다. 예를 들어 주의를 기울이지 않아야 할 자극을 무시하는 것과 같은 억제는 효율적인 인지처리를 하기위해 매우 중요한 것이다.

실험 1: 일치도와 자극 개시 시간 차이(SOA)의 효과

먼저 제시되는 자극이 주의를 끌게 되면 이어서 제시되는 자극의 처리는 지연되거나 방해를 받게 된다. 이를 abrupt onset effect 라 하는데 거의 자동적인 처리이다. 반면에 방해자극이 목표자극보다 나중에 제시되는 경우엔 방해자극이 목표자극의 처리를 별로 방해하지 않는다(Eimer et al., 2003, Fuller et al., 2009). 일반적으로 일반 아동에 비해 ADHD 아동이 억제가 약하다는 점을 감안하면 방해자극이 먼저 제시되는 경우 ADHD 아동이 큰 간섭을 받을 것을 예상할 수 있다. 그리고 방해자극이 나중에 제시되는 경우에도 ADHD 아동은 일반 아동에 비해 큰 방해를 받을 수 있을 것으로 예상된다. 실험 1 에서는 방해자극을 목표자극보다 100 ms 먼저 제시하는 조건, 같이 제시하는 조건, 그리고 100 ms 나중에 제시하는 조건을 이용하여 일반 아동에 비해 ADHD 아동이 얼마나 간섭을 억제하지 못하는지 알아보고자 하였다.

방법

설계. 2 (집단: ADHD 아동, 일반 아동) × 3 (SOA) : -100ms, 0ms, +100ms) × 3 (방향: 일치, 불일치,

중립 조건) 의 혼합 설계이다. SOA 와 방향은 피험자 내 변인이었고, 집단은 피험자 간 변인이었다.

참여자. ADHD 아동 20 명과 일반 아동 20 명이 참여하였다. ADHD 아동은 DSM-Ⅳ에 의거하여 ADHD 로 진단을 받은 아동으로서 종합병원 혹은 개인 병원의 소아청소년 신경정신과에 의뢰하여 참가자를 모집하였다. ADHD 아동의 평균 연령은 9.47(SD=1.10)세이었다. 정상 아동은 서울과 경기 일대에서 일반 초등학교에 다니는 아동으로 학급 담임선생님께 의뢰하여 참가자를 모집하였다. 일반 아동의 연령은 ADHD 아동과 1 세 이내로 매치시켰으며, 일반 아동의 평균 연령은 9.92(SD=1.45)세로, 집단 유형 간 연령 차이는 유의하지 않았다 ($t(38) = 1.09$, $p = .28$). 참가자들에게는 실험이 끝난 후, 소정의 상품권을 지급하였다.

재료. 본 실험에서는 Ridderinkhof et al.(1997)가 사용한 화살표를 사용한 Flanker 과제가 사용되었다. 목표자극은 정중앙에 있는 화살표이고, 방해자극은 목표자극의 양 옆에 2 개씩 배치되었다. 목표자극은 오른쪽(➡) 아니면 왼쪽(➡)을 가리키는 화살표이고, 중립 조건에서는 사각형(□□⬅□□ , □□⬅□□)이, 일치 조건에서는 목표자극이 가리키는 같은 방향을 가리키는 화살표(➡➡➡➡➡ , ➡➡➡➡➡)가, 불일치 조건에서는 목표자극과 정반대의 방향을 가리키는 화살표(⬅⬅➡⬅⬅ , ➡➡⬅➡➡)가 방해자극으로 제시되었다. 실험 1 에서는 Flanker 가 개시되는 시간을 3 가지로 조작하였는데, SOA -100 조건은 Flanker 가 목표자극보다 100ms 먼저 개시되었고, SOA 0 조건에서는 Flanker 와 목표자극이 동시에 제시되었다. SOA +100 조건은 목표자극이 먼저 제시되고, 100ms 이후에 Flanker 가 제시되었다.

실험은 코어 2 듀오 개인용 노트북으로 진행되었다. 프로그램은 MatLab 7.4 version 으로 Psychophysics toolbox 기반으로 디자인되었다. 노트북은 참가자의 60cm 앞에 두었고, 아동이 움직여서 거리를 조정하지 못하게 하였다. 자극은 14-inch wide 형 모니터의 정중앙에 제시되었고, 아동은 화면 정중앙의 응시점을 바라보고 있다가 목표자극(가운데 화살표 방향)에 맞는 반응키를 누르도록 하였다. 아동이 이해하기 쉽도록 반응키에는 질감이 있고, 색이 다른 딸기 모양의 스티커를 붙여두었다. 아동은 목표자극의 방향이 오른쪽이면 오른손으로 오른쪽에 있는 분홍색 딸기를, 목표자극의 방향이 왼쪽이면 왼손으로 왼쪽에 있는 빨간색 딸기를 누르도록 요구되었다. 각 아동은 14 회기의 연습을 통하여 방법을 숙지할 수 있도록 하였다.

절차. 각 회기는 화면 중앙에 응시점(+)이 제시되면서 시작되며, 100ms 후에 응시점이 사라지게 하였다. 각 회기에서 목표자극이 개시된 후 1500ms 이내에 목표자극 방향에 맞는 반응키를 눌러야하며, 한 최대한 빠르고 정확하게 반응하도록 요구하였다. 목표자극이 개시된 후 1500ms 지나면 다음 회기의 응시점이 나오게 조작하였다. 실험 1 은 72회기씩 3블록, 총 216회기로 구성되었다. 각 블록에서는 모든 조건(SOA 3 수준 * Flanker Type 3 수준)이 8 번씩 반복되었는데, 각 회기가 나오는 순서는 피험자마다 무선적으로 조작되었다. 아동의 피로도와 집중력을 고려하여, 한 블록 내에서 36 회기가 지나면 잠시 쉬게 하였다. 한 블록의 소요시간은 대략 2 분이며, 실험에 총 10 분의 시간이 소요되었다.

결과 및 논의

반응시간. 조건별 평균 정반응시간에 대해 3 (SOA: -100, 0, +100) × 3 (방향: 일치, 불일치, 중립)× 2 (집단: ADHD 아동, 일반 아동)에서 SOA 와 방향은 피험자 내 변인, 집단 유형은 피험자 간 변인인 부분 반복설계 변량분석을 실시하였다.

SOA 의 주효과 [$F_{(2,76)} = 151.80,\ p < .001$], 와 방향의 주효과 [$F_{(2,76)} = 312.90,\ p < .001$], 그리고 방향과 SOA 의 상호작용 효과가 유의하였다, [$F_{(4,152)} = 13.42,\ p < .001$]. 그러나 ADHD 아동과 일반 아동 집단 간의 차이는 유의하지 않았다.

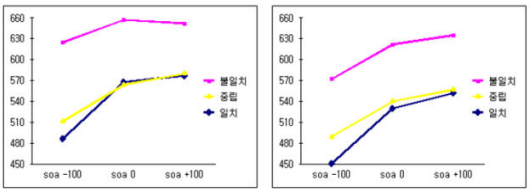

그림 1. 집단별, 방향별, SOA 별 평균 반응시간: 실험 1.

표 1. 실험1 오반응 수의 평균과 표준편차

집단	SOA	Flanker Type 일치 M (SD)	불일치 M (SD)	중립 M (SD)
일반	-100	.00 (.00)	2.55 (2.16)	.30 (.65)
	0	.25 (.63)	1.15 (1.34)	.35 (.58)
	100	.25 (.55)	1.75 (1.02)	.20 (.41)
ADHD	-100	.75 (1.37)	4.60 (2.79)	.95 (1.05)
	0	.55 (.94)	1.95 (1.79)	1.00 (1.21)
	+100	.20 (.41)	1.30 (1.45)	.65 (.81)

오반응. 각 조건별 오반응 수의 평균에 대해 3 요인 혼합 변량분석을 실시하였다. SOA 의 주효과, $F_{(2,76)} = 19.43,\ p < .001$, 방향의 주효과, $F_{(2,76)} = 91.45,\ p < .001$, 집단의 주효과가 유의하였다, $F_{(1,38)} = 29.46,\ p < .05$. SOA × 집단의 상호작용, $F_{(2,76)} = 9.14,\ p < .001$, SOA × 방향의 상호작용, $F_{(4,152)} = 15.93,\ p < .001$, 그리고 SOA × 방향 × 집단의 삼원 상호작용이 유의하였다, $F_{(4,152)} = 3.28,\ p < .05$. 표 1 에서 볼 수 있듯이 ADHD 아동이 SOA -100, 불일치 조건에서 오반응을 많이 범하였다.

ADHD 아동에게서 오반응이나 누락 수에서의 차이만을 보고하였고, 반응시간에서의 유의한 차이를 보이지 않았던 이전 연구들(Jonkman et al., 1999, Schers et al., 2004, Meel et al., 2007)과 마찬가지로 실험 1 에서 ADHD 아동과 일반 아동의 반응시간의 차이는 유의하지 않았으나, 반응의 정확도에 있어서 유의한 차이를 보였다. ADHD 아동은 일반 아동에 비해 오반응을 많이 범하였다. 특히 방해자극이 목표자극보다 먼저 개시될 때 오반응이 증가하였다. 방해자극이 목표자극과 동시에 개시되거나 목표자극 이후에 개시되더라도 ADHD 아동은 오반응을 많이 범하였다. 이는 ADHD 아동이 간섭을 조절하는 인지 처리에 어려움을 갖는 것으로 해석될 수 있다

실험 2: 인지 부하와 반응무관 방해자극

실험 2 에서는 인지 부하를 조절하였을 때, ADHD 아동과 일반 아동에서 나타나는 수행 패턴의 차이를 알아보고자 하였다. 보다 구체적으로 방해자극이 고정된 순서로 나타나게 하여, 예측 가능하게 한 인지 부하가 낮은 조건과 방해자극이 나타나는 순서가 고정되지 않고 무작위로 나타나게 하여,

예측 불가능하게 한 인지 부하가 높은 조건을 사용하여 일반 아동과 ADHD 아동의 차이가 인지 부하가 큰 조건에서 크게 나타나는지 알아보고자 하였다.

또한 실험 2 에서는 ADHD 아동의 억제 어려움이 반응 특수한 것인지, 아니면 전반적인 것인지 알아보기 위해 목표자극에 대한 반응의 후보자는 아니지만 목표자극과 유사한 방해자극을 추가하여 ADHD 아동과 일반 아동에게서 수행의 차이가 있는지를 알아보고자 하였다

방법

설계. 2 (집단: ADHD 아동, 일반 아동) × 3 (SOA) : -100ms, 0ms, + 100ms) × 4 (방향: 일치, 불일치, 무관, 중립 조건) x 2 (인지부하: 낮음, 높음)의 혼합 설계이다. SOA, 방향, 인지부하는 피험자 내 변인이었고, 집단은 피험자 간 변인이었다.

참여자. ADHD 아동 20 명과 일반 아동 18 명이 참여하였다. ADHD 아동의 평균 연령은 9.87(SD=1.12)세이었고, 일반 아동의 평균 연령은 10.01(SD=.97)세로, 두 집단의 연령 차이는 유의하지 않았다..

재료와 절차. 무관 자극이 추가된 것과 인지부하를 조작한 점을 제외하며 실험 1 과 같았다. 실험 2 에서는 NRS 조건이 추가되었다. NRS flanker 는 목표자극과 유사하지만, 목표자극의 행동 반응의 결정과는 무관한 방해자극으로, 목표자극의 반응과는 무관한 위, 아래 화살표가 flanker 로 제시되었다.

실험 2 는 인지 부하에 따라서 2 블록으로 진행되었다. 인지 부하가 낮은 Fix 블록에서는 24 회기 별로 방향 조건은 고정되고 SOA 만 무선으로 변화시켜 방해자극의 종류를 예측할 수 있게 하였다. 인지 부하가 높은 Mix 블록에서는 96 회기 동안 방향과 SOA 의 조합이 무작위로 제시되어 방해자극의 종류를 예측하지 못하게 하였다.

결과 및 논의

반응시간. 4 요인 혼합설계 변량분석을 실시하였다. 실험 1 과 마찬가지로 ADHD 아동과 정상 아동간의 차이는 유의하지 않았다. 두 집단 모두 NRS 조건의 반응시간이 중립조건보다 길었다.

오반응. 4 요인 혼합설계 변량분석을 실시하였다. 실험 1 과 마찬가지로 ADHD 아동이 SOA -100, 불일치 조건에서 오반응을 많이 범하였다. 그런데 중립조건에 비해 NRS 조건에서 반응시간은 길었지만, 오반응율은 차이가 없었다. 즉 정상아와 ADHD 아동 모두 전반적인 주의에서는 방해를 받았다는 점에서는 차이가 없다는 것을 시사하였다.

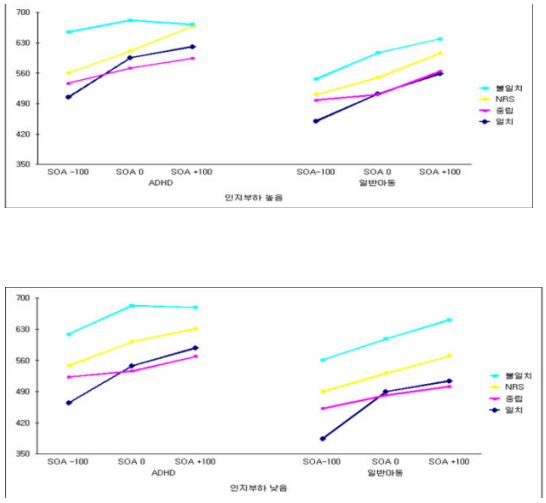

그림 2. 인지부하, 집단, 방향, SOA 조합별 평반응시간: 실험 2.

표 2. 실험2 오반응 수의 평균과 표준편차

인지 부하 낮음		일치	불일치	중립	NRS
집단	SOA	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
일반	-100	,11 (,32)	,28 (,57)	,00 (,00)	,06 (,23)
	0	,06 (,23)	,11 (,32)	,06 (,23)	,00 (,00)
	+100	,06 (,23)	,17 (,38)	,06 (,23)	,06 (,23)
ADHD	-100	,15 (,36)	,80 (1,10)	,45 (,68)	,45 (,60)
	0	,30 (,65)	,75 (,91)	,30 (,65)	,35 (,67)
	+100	,05 (,22)	,30 (,47)	,20 (,41)	,20 (,41)

인지 부하 높음		일치	불일치	중립	NRS
집단	SOA	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
일반	-100	,00 (,00)	1,00 (1,02)	,00 (,00)	,00 (,00)
	0	,06 (,23)	,17 (,38)	,00 (,00)	,11 (,31)
	+100	,06 (,23)	,17 (,51)	,00 (,00)	,06 (,23)
ADHD	-100	,10 (,30)	1,80 (1,70)	,25 (,44)	,25 (,44)
	0	,05 (,22)	,70 (,73)	,35 (,58)	,10 (,30)
	+100	,00 (,00)	,65 (1,04)	,10 (,30)	,15 (,36)

반응시간에서는 정상아동과 ADHD 아동 간에 차이가 없었지만, 오반응에서는 차이가 있었다. 즉 일반 아동에 비해 ADHD 아동이 중립 조건에 비해 불일치 조건에서 오반응을 더 많이 보고하였고, 특히 SOA -100 ms 조건에서 특히 방해를 많이 받았다. 그리고 실험 2 에서 중립조건에 비해 NRS 조건에서 반응시간은 길었지만 오반응율은 차이가 없는 결과는 반응시간과 오반응이 수행에 관한 다른 정보를 주는 것으로 해석할 수 있다. 즉 반응의 정확도에는 방해자극에 완전히 주의를 빼앗기었는지 아닌지가 반영되고, 반응시간에는 방해자극에 완전히 주의를 빼앗기지는 않았으나, 얼마나 방해를 받았느냐가 반응시간에 반영이 되었을 가능성을 시사한다. 두 실험의 결과는 정상아에 비해 ADHD 아동이 반응 결정 단계에서의 억제에서 차이가 나는 것을 시사하는 것으로 해석되었다.

참고 문헌

Barkely, R. A. (1997). Behavioral Inhibition, Sustained Attention, and Executive Functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, *121*, 65-94.

Eimer, M., Schlaghecken, F. (2003). Response facilitation and inhibition in subliminal priming. *Biological Psychology, 64*, 7-26.

Fuller, S., Park, Y., Carrasco, M. (2009). Cue contrast modulates the effects of exogenous attention on appearance. *Vision Research.*.

Jonkman, L. M., Kenner, C., Verbaten, M. N., van Engeland, H., Kenemans, J. L., Camferman, G., Buitelaar, J. K., & Koelega, H. S. (1999). Perceptual and response interference in children with attention-deficit hyperactivity disorder, and the effects of methylphenidate. *Psychophysiology, 36*, 419-429.

Meel, C. S., Heslenfeld, D. J., Oosterlaan, J., Sergeant, J. A. (2007). Adaptive control deficits in attention-deficit/hyperactivity disorder(ADHD): The role of error processing. *Psychiatry Research, 151*, 211-220.

Nigg, J. T. (2001). Is ADHD a disinhibitory disorder? *Psychological Bulletin, 127*, 571-598.

Scheres A., Oosterlann, J., Hilde G., Morein-Zamir, S., Meiran, N., Schut, H., Vlasveld, L., Sergeant, J. A. (2004). Executive functioning in boys with ADHD: primarily an inhibition deficit? *Archives of Clinical Neuropsychology, 19*, 569-594.

Sergeant. J. A. (2000) The cognitive-energetic model: an empirical approach to Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 24*, 7-12.