

자극 간 간격에 따른 능동적 통제의 변화

이 윤 지

김 초 복[†]

경북대학교 심리학과

갈등적응효과는 스트룹 과제나 수반자극 과제 등에서 이전 시행 조건에 따라 현재 시행의 간섭의 크기가 달라지는 현상을 일컫는데, 인지적 통제 능력의 측정치로 사용되고 있다. 갈등적응효과의 발생 기제에 대한 설명은 매우 다양한데, 하향처리적 통제의 관점을 지닌 갈등 감시 이론과 기대에 기반한 설명이 있다. 두 이론은 각각 반응적 통제와 능동적 통제에 관련되어 있으며 갈등적응효과의 시간적 특성에 대해 다른 설명을 하고 있다. 본 연구는 능동적 통제의 관점에서 갈등적응효과에 시간적 조작이 미치는 영향을 알아보고자 상대적으로 높은 난이도의 스트룹 과제를 사용하였다. 실험 1과 2는 다양한 길이의 자극 간 시간 간격을 무선적으로 제시하여 과제를 실시하였다. 그 결과, 처리 시간이 충분할 때 능동적 통제로 인한 갈등적응효과가 발생할 수 있음을 확인하였다. 실험 3에서는 자극 출현에 대한 예측이 용이하도록 자극 간 시간 간격을 고정시켜 제시하였으며 기대효과로 인해 더 강화된 능동적 통제가 나타난 것을 확인하였다. 본 연구는 과제의 특성에 따라 능동적 통제로 인해 갈등적응효과가 발생할 수 있으며 능동적 통제는 처리시간이 충분하고 자극 출현에 대한 예측이 쉬운 상황에서 더 효율적으로 작동할 수 있음을 시사한다.

주제어 : 인지적 통제, 능동적 통제, 갈등적응, 자극 간 간격

[†] 교신저자 : 김초복, 경북대학교 심리학과, (41566) 대구광역시 북구 대학로 80

E-mail : ckim@knu.ac.kr

성공적인 과제 수행을 위해서는 목표지향적으로 사고와 행동을 조절하고 계획하여 주어진 환경에 맞추는 능력이 필요하다. 이러한 능력은 인지적 통제(cognitive control)라고 불리며(Miller & Cohen, 2001) 집행기능(executive function)이라고도 한다. 인지적 통제를 연구할 때 많이 사용되는 과제인 스트룹 과제(MacLeod, 1991; Stroop, 1935)는 참가자들이 단어의 색상을 명명하도록 요구한다. 스트룹 과제는 대체로 단어의 색상과 의미가 일치하는 조건과 불일치하는 조건으로 이루어져 있는데 일치조건보다 불일치조건에서 반응시간이 증가하게 된다. 이를 스트룹 간섭 효과(Stroop interference effect)라고 한다. 간섭 효과는 스트룹 과제 이외에도 선택적 주의를 사용하여 자동적 처리를 억제하고 통제적 처리를 해야 하는 사이먼 과제(Simon task)나 수반자극 과제(flanker task)와 같은 갈등 유발 과제에서 일반적으로 나타난다.

간섭의 크기는 선행하는 시행의 조건에 따라 달라지는데, 현재 시행 조건이 불일치일 때의 간섭의 크기는 이전 시행 조건이 일치일 때 보다 불일치일 때 더 감소하게 되며, 현재 시행 조건이 일치인 경우는 이전 시행 조건이 불일치일 때보다 일치일 때 반응속도가 더 빠른 것으로 나타났다(Egner, 2007; Gratton, Coles, & Donchin, 1992). 인지적 통제 및 갈등 처리에 대한 대표적인 이론인 갈등 감시 이론(conflict monitoring theory)은 이와 같은 현상, 갈등적응 효과(conflict adaptation effect, CA 효과)를 이전 시행에서 경험한 갈등에서 강화된 주의 수준으로 현재의 갈등을 더 효율적으로 처리하는 적응적인 통제의 결과물로 해석한다(Botvinick,

Braver, Barch, Carter, & Cohen, 2001; Botvinick, Cohen, & Carter, 2004). CA 효과는 보다 일반적인 관점에서 일치 및 불일치의 시행조건들의 반복에 의해 나타나는 현상이기 때문에, 순차적 일치 효과(sequential congruency effect), 혹은 처음으로 발견한 연구자의 이름을 따라 Gratton 효과라고도 하며 스트룹 과제(Egner & Hirsch, 2005; Kerns et al., 2004; Kim, Johnson, & Gold, 2014), 사이먼 과제(Notebaert, Soetens, & Melis, 2001; Sturmer, Leuthold, Soetens, Schroter, & Sommer, 2002), 수반자극 과제(Botvinick, Nystrom, Fissell, Carter, & Cohen, 1999; Mayr, Awh, & Laurey, 2003) 등 다양한 과제를 사용하여 연구되고 있다.

갈등 감시 이론 이외에도, CA 효과를 발생시키는 기제에 대한 다양한 설명이 제기되었다. 구체적으로, 상향처리적 관점인 연합 학습(Braem, Verguts, & Notebaert, 2011) 혹은 세부 특징 반복(Hommel, Proctor, & Vu, 2004; Mayr et al., 2003; Nieuwenhuis et al., 2006) 등이 있다. 또한 갈등 감시 이론과 마찬가지로 하향처리적 통제의 관점이나 일시적인 주의 수준의 증가보다는 특정한 기대에 기인하여 CA 효과가 발생하는 것으로 설명하는 관점도 있는데(Gratton et al., 1992), 이 설명에 의하면, 갈등적응효과는 예상된 자극에 대해 준비하는 능동적인 처리과정의 결과로 여겨진다.

Braver(2012)에 따르면, 인지적 통제는 능동적 통제(proactive control)와 반응적 통제(reactive control)의 두 가지 기제로 각각 작동할 수 있다. 능동적 통제는 인지적으로 부하가 많은 사건에 앞서 목표지향적으로 행동이나 지각, 혹은 주의를 최적화시키는 과정을 의미한다.

반면, 반응적 통제는 높은 간섭을 지닌 사건이 탐지되었을 때 주의가 일시적으로 동원되는 과정을 뜻한다. 즉, 능동적 통제는 간섭 발생 이전의 예측과 준비에 관련되는 반면, 반응적 통제는 간섭 사건의 탐지와 그에 따른 일시적 해결에 관련된다. 기대 기반 설명과 갈등 감시 이론은 동일하게 하향 처리적 통제의 관점을 지니나, 자극 출현에 대한 예측과 준비로 설명하는 전자는 능동적 통제의 입장을 취하는 반면 갈등으로 촉발된 주의 수준의 증가로 설명하는 후자는 반응적 통제의 입장을 취한다.

능동적 통제와 반응적 통제의 관점은 CA 효과의 시간적 특성에 대해 각자 다른 견해를 지니고 있으며 자극 간 시간 간격(inter-stimulus interval, ISI)이 CA 효과에 미치는 영향을 연구한 선행연구들의 결과 또한 다양하게 보고되었다. 반응적 통제의 입장인 갈등 감시 이론에서는 주의 수준이 시간에 따라 쇠퇴하는 것으로 본다. 따라서, CA 효과는 시간 간격이 짧을 때 높은 강도로 나타나며 시간의 증가에 따라 감소한다고 가정한다(Egner, Ely, & Grinband, 2010). 이를 확인하고자 Egner와 연구자들(2010)은 얼굴-성별 스트룹 과제를 사용하여 다섯 개의 ISI 조건(500-1000ms, 1500-2000ms, 2500-3000ms, 4000-5000ms, 6000-7000ms)에서의 CA 효과를 비교하였다. 그 결과, CA 효과는 가장 짧은 ISI 조건(500-1000ms)에서 크게 나타났으며 ISI의 증가에 따라 점차 크기가 감소하여 ISI가 4000ms 이상일 때부터는 효과가 나타나지 않았다. 이러한 결과를 바탕으로 CA 효과는 시간 간격이 짧을 때 크게 발생하나 일시적이며 빠르게 감소하는 것

으로 해석되었다. 나아가 적응적인 주의 통제는 순간적인 처리과정인 것으로 강조되기도 하였다(van den Wildenberg, Ridderinkhof, & Wylie, 2012). 그러나 1500ms과 6000ms의 자극 제시 시차(stimulus onset asynchrony, SOA)를 사용한 실험(Wuhr & Ansorge, 2005)에서는 6000ms조건에서도 유의미한 CA 효과를 관찰할 수 있었다. 이는 짧은 ISI와 긴 ISI에서는 서로 다른 기제로 CA 효과가 발생할 수 있다는 가능성을 제기한다(Egner et al., 2010).

한편, 기대에 기반한 능동적 통제의 입장은 CA 효과의 발생을 위해서는 충분한 시간이 필요하다고 주장한다(Gratton et al., 1992). Egner와 연구자들(2010)과 동일한 얼굴-성별 스트룹 과제를 사용하여 네 가지의 ISI 조건(750ms, 1500ms, 2250ms, 3000ms)에서의 CA 효과를 살펴본 다른 연구(Duthoo, Abrahamse, Braem, & Notebaert, 2014)에서는 능동적 통제가 유발될 수 있도록 ISI 조건의 비율을 조작하여 가장 긴 ISI 조건(3000ms)이 많이 출현하도록 한 실험을 수행하였다. 그 결과, ISI 조건의 비율이 동일할 때는 나타나지 않았던 가장 긴 ISI 조건에서의 CA 효과가 발견되었다. 이는 능동적 통제가 발생하여 CA 효과의 빠른 쇠퇴를 방지한 것으로 보인다. 이러한 연구들로 미루어보아, 과제의 ISI 조건과 그 제시 방식에 따라 능동적 통제로 인한 CA 효과가 나타날 가능성이 있음을 생각해 볼 수 있다.

본 연구는 능동적 통제가 CA 효과에 미치는 영향에 초점을 두어 과제의 ISI 조건을 조작하여 세 가지 실험을 진행하였다. 위에서 설명한 바와 같이, 능동적 통제는 사건의 발생에 앞서 하향적 통제과정을 사용하므로 처

리과정에서 충분한 시간을 요구한다. 특히 난이도가 높은 과제일수록 자극의 처리에 사용할 수 있는 시간이 충분할 때 능동적 통제가 더 성공적으로 발생할 수 있다. 이를 알아보 고자 본 연구는 전반적으로 난이도가 높게 조 작된 색상-단어 스트룹 과제(Kim et al., 2014; Kim, Kroger, & Kim, 2011)를 사용하였다. 이 과제는 선행연구에서 사용된 기존의 과제 (Egner & Hirsch, 2005; Kerns et al., 2004)보다 자극의 개수가 많으며 목표자극에서 발생하는 지각 갈등과 응답자극에서 발생하는 반응 갈등이 함께 포함되어 있다. 스트룹 과제에서 자극의 개수가 증가하면 전반적인 반응시 간의 증가로 이어지며(Gholson & Hohle, 1968; McClain, 1983; Ray, 1974), 지각 갈등과 반응 갈등의 서로 다른 두 유형의 갈등이 포함되면 스트룹 간섭의 크기가 증가된다(De Houwer, 2003; Kim et al., 2011; van Veen & Carter, 2005). 따라서 본 연구의 과제가 기존의 스트 룽 과제보다 전반적으로 높은 난이도를 지녔 음을 알 수 있다. 또한, 본 연구의 과제는 기 존의 스트룹 과제보다 많은 자극의 개수를 사 용함으로써 이전 시행과 현재 시행에서 동일 한 자극이 목표자극으로 제시될 확률을 낮추 었다. 이를 통해, 연합 학습이나 세부 특징 반 복과 같은 상향처리적 기제보다는 하향처리적 기제가 더 잘 유발되도록 하였다.

연구 1과 연구 2에서는 ISI 조건을 달리하여 난이도가 높은 과제에서 처리시간이 충분할 때 능동적 통제가 발생할 수 있는가를 확인하 고자 하였다. 연구 3에서는 ISI 조건을 고정시 킨 상황에서 실험을 수행하여 일정한 시간적 기대를 형성할 때 더 효율적인 통제가 나타날

수 있는가를 확인하고자 하였다.

연구 1

연구 1은 ISI 조건에 따른 CA 효과의 차이 를 확인하고자 수행되었다. 참가자들은 여섯 가지 색상을 사용하는 수정된 색상-단어 스트룹 과제를 수행하였으며 세 ISI 조건(200ms, 1000ms, 2000ms)이 무선적으로 제시되었다. 연구 1은 난이도가 높은 과제에서는 처리시간이 충분할 때 능동적 통제가 발생할 수 있다는 가정하에 능동적 통제로 인한 CA 효과의 발 생 여부를 알아보하고자 하였다.

방 법

참가자 경북대학교에서 심리학 관련 교과목 을 수강하는 35명의 대학생들이 실험에 참 가하였다. 참가자들의 연령은 18세에서 24세 ($M=19.23$, $SD=1.45$)였으며, 이 중 여성은 12명 으로 구성되었다.

재료 및 절차 실험은 Intel Core i5 PC에서 E-Prime 2.0 프로그램에 의해 진행되었으며, 자 극은 17인치 LCD 모니터를 통해 1024x768의 해상도로 제시되었다. ISI 조건에 따른 CA 효 과를 측정하기 위해 실험에 사용된 과제는 수 정된 색상-단어 스트룹 과제(Kim et al., 2014) 로, 실험에 사용된 자극은 빨강, 초록, 파랑, 노랑, 주황, 보라 총 6가지의 색상과 단어로 이루어졌다. 목표자극은 6가지 색 단어 중 하 나로, 이 단어는 6가지 색상 중 한 가지 색상 으로 제시되었다. 일치조건에서는 목표단어의

의미와 색상이 동일하였으며, 불일치조건에서는 목표단어의 의미와 색상이 다르게 제시되었다. 과제화면에서 목표자극은 화면의 중앙에 제시되도록 하였으며 목표자극 하단의 왼편과 오른편에는 두 응답자극이 흰색으로 제시되었다(그림 1). 일치조건에서 하나의 응답자극은 목표자극의 색상과 일치하였으며(정답자극), 다른 응답자극은 나머지 5개 중 하나로 제시되었다. 불일치조건에서 두 응답자극은 각각 목표자극의 색상 혹은 단어와 동일하였다. 각 ISI에는 흰 색 십자가(+)가 화면 중앙에 응시점으로 제시되었고 모든 실험 화면은 검은색 바탕에서 제시되었다. 목표자극은 1000ms동안 제시되었으며 ISI는 200ms(S-ISI), 1000ms(M-ISI), 2000ms(L-ISI)중 하나가 무선적으로 제시되었다. 동일한 ISI가 세 번 이상 반복되어 제시되는 경우는 없었다.

참가자들은 자극이 제시된 후 목표자극의 색상과 일치하는 단어에 대해 최대한 빠르고 정확하게 반응하도록 지시 받았다. 왼편의 단어가 정답이면 왼손 검지로 키보드의 ‘z’를 눌러 반응하였고 오른편의 단어가 정답이면 오

른손 검지로 ‘m’키를 눌러 반응하였다. 반응 직후에 자극은 사라지고 응시점이 제시되었다.

CA 효과를 측정하기 위하여, 각 시행의 조건은 이전 시행과 현재 시행의 일치, 불일치 여부에 따라 일치-일치(CC), 일치-불일치(CI), 불일치-일치(IC), 불일치-불일치(II)의 네 가지 조건으로 구성되었다. 각 조건이 제시되는 순서는 가능한 무선화되었으며, 동일한 조건이 세 번 이상 반복되지 않도록 하였다. 반응시간에 영향을 미칠 수 있는 반복점화효과(Mayr et al., 2003)와 같은 요인들의 혼입을 통제하기 위하여 목표자극과 응답자극에 쓰인 색상과 단어는 시행마다 바뀌어 제시되었다. 따라서, 이전 시행에서 제시된 자극이 현재 시행에서 사용되는 시행은 없었다.

모든 참가자들은 실험을 시작하기 전 24번의 시행으로 이루어진 연습과제를 수행하였다. 연습과제가 끝난 후 참가자들이 과제를 충분히 이해하고 키보드 반응에 익숙해졌는지를 확인한 후 본 실험을 실시하였다. 본 실험에서 참가자들은 169번의 시행으로 이루어진 회기를 세 번 수행하였다. 한 회기에서 ISI 조건은 마지막 시행을 제외하고 각 56번씩 제시되었다. CA 효과를 살펴보기 위한 시행별 조건은 첫 시행을 제외하고 각 42번씩 제시되었다. 실험은 ISI 조건(S, M, L)과 이전 시행의 일치 여부(일치, 불일치), 현재 시행의 일치 여부(일치, 불일치)에 따른 3x2x2 참가자내 요인 설계로 이루어졌다.

결 과

실험결과는 정당률과 반응시간을 종속측정

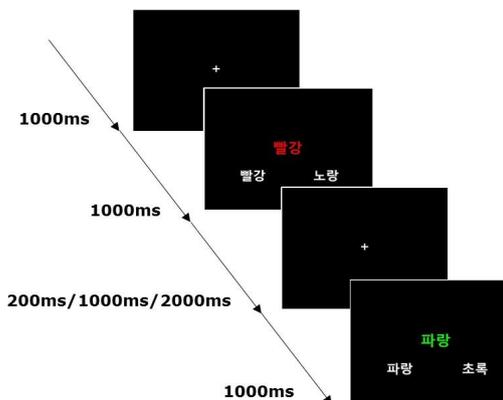


그림 1. 연구 1의 실험 절차

치로 사용하여 분석하였다. 정답률이 70% 미만이거나 반응시간이 2.5표준편차에서 벗어난 5명의 참가자들은 분석에서 제외되었으며, 나머지 30명의 참가자들의 정답률과 반응시간에 대해 조건에 따른 차이를 검증하기 위한 분석을 실시하였다. 우선, 반복측정 변량분석을 사용하여 ISI 조건에 따라 정답률과 반응시간에서 스트룹 효과가 다르게 나타나는 지를 살펴 보았다. 정답률에서의 스트룹 효과는 일치조건에서 불일치조건을 뺀 값으로 계산하였으며 반응시간에서는 불일치조건에서 일치조건을 뺀 값으로 계산하였다. 먼저, 정답률의 경우 S-ISI에서 12.7%, M-ISI에서 10.4%, L-ISI에서 4.9%로 유의미한 차이를 보였다 [$F(2,58)=18.870, MS_e=.024, p<.01$]. 대비 검증을 통하여 이를 살펴본 결과, S-ISI와 M-ISI 간의 차이는 없었으나 [$p>.05$], S-ISI와 M-ISI의 스트룹 효과가 L-ISI보다 유의미하게 더 높았다 [$p<.05$]. 반응시간에서도 ISI 조건에 따른 스트룹 효과의 차이는 유의미했다 [$F(2,58)=5.687, MS_e=1311.212, p<.01$]. 이를 세부적으로 살펴본 결과, S-ISI(87.16ms)와 M-ISI(89.90ms)간의 차이는 없었으나 [$p>.05$], L-ISI(78.51ms)의 스트룹 효과가 S-ISI와 M-ISI보다 더 작은 것으로 나타났다 [$p<.05$].

다음으로, 각 ISI 조건에서 CA 효과가 나타나는지를 정답률과 반응시간으로 확인해본 결과 정답률에서는 유의미한 CA 효과가 나타나지 않았다 [$p>.05$]. 반응시간에 대한 분석은 참가자들의 반응시간에서 CA 효과를 계산하여 실시하였으며, CA 효과는 IC조건에서 CC조건을 뺀 값(일치CA 효과)과 CI조건에서 II조건을 뺀 값(불일치CA 효과)의 합으로 계산하였다.

각 조건별 CA 효과에 대해 단일표본 t검증을 실시한 결과, M-ISI에서만 유의미한 CA 효과가 관찰되었다 [$t(29)=3.195, p<.01$]. 각 조건별 CA 효과의 크기는 S-ISI에서 7.65ms, M-ISI에서 14.28ms, L-ISI에서 -0.86ms였다(그림 2). 일치CA 효과와 불일치CA 효과는 각 조건에서 서로 다르게 나타날 수 있으므로, CA 효과를 둘로 분류하여 추가적인 단일표본 t검증을 실시하였다. 그 결과, 일치CA 효과는 S-ISI[7.45ms, $t(29)=1.878, p<.05$], M-ISI[18.48ms, $t(29)=4.206, p<.01$], L-ISI[12.32ms, $t(29)=2.727, p<.01$] 모두에서 통계적으로 유의미하였다. 반면, 불일치CA 효과는 S-ISI[0.20ms, $t(29)=0.269, p>.05$], M-ISI[-4.20ms, $t(29)=-0.840, p>.05$], L-ISI[-13.18ms, $t(29)=-2.477, p>.05$] 모두에서 관찰되지 않았다.

마지막으로, CA 효과와 ISI 조건 간의 상호작용을 알아보기 위하여 조건별 정답률의 평균과 반응시간의 평균을 각각 3 x 2 x 2 (ISI x 이전시행조건 x 현재시행조건)의 삼원 반복측정 변량분석으로 분석하였다. 정답률에 대한 분석 결과, ISI에 따른 정답률의 차이는 유의미하였으며 [$F(2,58)=9.115, MS_e=330.190, p<.01$], S-ISI에서 평균 정답률은 89.5%, M-ISI에서는

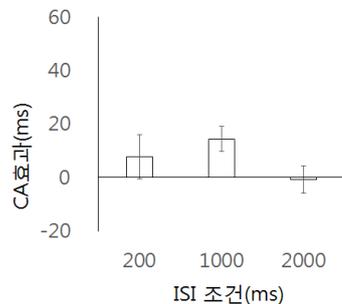


그림 2. 연구 1의 ISI 조건별 CA 효과

표 1. 연구 1의 ISI x 이전 시행 조건 x 현재 시행 조건(3 x 2 x 2)에 대한 반복측정 변량분석

변산원	제곱합	자유도(df)	평균제곱	F
ISI	209258.804	2	104629.402	53.155**
오차	114166.187	58	1968.383	
ISI×이전시행	1448.949	2	724.475	1.604
오차	26195.462	58	451.646	
ISI×현재시행	5243.966	2	2621.983	5.686**
오차	26747.124	58	461.157	
ISI×이전시행×현재시행	863.044	2	431.522	1.059
오차	23620.976	58	407.431	

** $p < .01$

90.6%, L-ISI에서는 91.9%로 ISI의 길이가 증가할수록 정답률 또한 증가하는 선형적 경향을 보였다($F(1,29)=17.490$, $MSe=329.051$, $p < .01$). 또한 일치시행(95.5%)보다 저조한 불일치시행(85.3%)으로 인하여, 현재 시행 조건에 따른 차이가 유의미하였다($F(1,29)=144.718$, $MSe=7827.405$, $p < .01$). 또한, ISI와 이전 시행 조건 간의 이원 상호작용은 유의미하였다($F(2,58)=6.154$, $MSe=167.907$, $p < .01$). 이를 살펴보기 위해, 이전 시행 조건이 일치인 시행과 불일치인 시행의 정답률을 ISI 조건별로 분석하였다. 그 결과, 일치조건의 정답률에서 S-ISI(89.0%)가 M-ISI(91.6%)와 L-ISI(91.6%)보다 유의미하게 낮은 것으로 나타났으며($p < .05$), 불일치조건의 정답률에서는 L-ISI(92.1%)가 S-ISI(90.1%)와 M-ISI(89.6%)보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다($p < .05$). 뿐만 아니라, ISI와 현재 시행 조건의 상호작용도 유의미하였는데($F(2,58)=18.872$, $MSe=955.619$, $p < .01$), 이는 ISI 조건에 따라 S-ISI에서 12.7%, M-ISI에서 10.4%, L-ISI에서 4.9%로 선형적으로 감소하는 경향을 보인

스트룹 효과로 인하여 나타났다($F(1,29)=35.115$, $MSe=907.693$, $p < .01$). 반면, ISI와 CA 효과로 인한 삼원 상호작용은 유의미하지 않았다($F(2,58)=0.152$, $MSe=7.081$, $p > .05$).

반응시간에 대한 반복측정 변량분석 결과, ISI의 주효과가 유의미하게 나타났다($F(2,58)=53.155$, $MSe=209258.804$, $p < .01$). ISI 조건별 반응시간은 S-ISI에서 748.72ms, M-ISI에서 703.44ms, L-ISI에서 693.25ms으로 ISI의 증가와 함께 반응시간은 감소하는 선형적 경향이 나타났다($F(1,29)=60.796$, $MSe=184622.465$, $p < .01$). 아울러, ISI와 현재 시행 조건의 상호작용이 유의미하였다($F(2,58)=5.686$, $MSe=5243.966$, $P < .01$). 이는 S-ISI와 M-ISI보다 L-ISI에서 유의미하게 줄어든 스트룹 효과에 기인하며($p < .05$), 앞에서 기술된 분석결과와 일치한다. 그러나, ISI와 CA 효과의 삼원 상호작용은 관찰되지 않았다($F(2,58)=1.059$, $MSe=863.044$, $p > .05$). 반응시간에 대한 반복측정 변량분석의 결과는 표 1에 제시되어 있으며, ISI에 따른 조건별 평균 반응시간은 그림 3에 제시되어 있다.

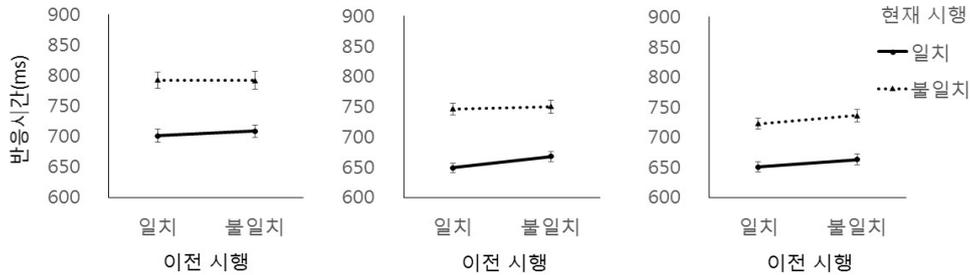


그림 3. 연구 1의 ISI 조건에 따른 반응시간. 왼쪽부터 S(200ms), M(1000ms), L(2000ms).

논 의

연구 1은 ISI 조건(200ms, 1000ms, 2000ms)에 따른 CA 효과의 차이를 알아보기 위하여 수행되었다. 실험결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, ISI 조건에 따른 스트룹 효과의 차이는 정당률과 반응시간 모두에서 유의미하였으며, 스트룹 효과는 ISI 조건에 따라 선형적으로 감소하였다. 둘째, ISI가 길어짐에 따라 정당률은 증가하였으며 반응시간은 빨라지는 경향이 나타났다. 셋째, CA 효과는 M-ISI(1000ms)에서만 유의미하였으며 일치CA 효과는 모든 ISI 조건에서 발견되었지만 불일치CA 효과는 발견되지 않았다.

시간에 따른 CA 효과의 변화를 살펴본 선행연구(Egner et al., 2010)에서는 가장 짧은 ISI 조건에서 CA 효과가 가장 크게 나타났으며, ISI가 증가할수록 CA 효과는 감소하였다. 이 연구는 얼굴 자극에 성별을 의미하는 단어를 겹쳐서 제시한, 얼굴-단어 스트룹 과제를 사용하여 지각적 정보 처리에 중점을 둔 과제를 사용하였다. 위 연구와 유사한 과제를 사용한 다른 연구(Duthoo et al., 2014)에서도 짧은 ISI 조건에서 CA 효과가 관찰된 반면, 긴 ISI 조건에서는 CA 효과가 나타나지 않았다. 본 연구

와 일치하지 않는 이와 같은 결과는 실험에 사용된 과제 특성에 따른 차이인 것으로 보인다. 이를 아래에 상세하게 논의하고자 한다.

본 연구에서 사용한 수정된 스트룹 과제는 CA 효과를 살펴보기 위한 선행연구에서 사용된 스트룹 과제와는 두 가지 점에서 차이를 지닌다. 첫째, 자극의 종류가 많이 사용되었다. 이전 연구들에서 CA 효과를 측정하는데 주로 사용된 스트룹 과제는 세 가지 색상을 사용하거나(Kerns et al., 2004; Larson, Kaufman, & Perlstein, 2009), 두 가지 색상을 사용하였다(Egner & Hirsch, 2005). 이와 유사하게 수반 자극 과제와 사이먼 과제에서도 자극과 반응은 오른쪽 혹은 왼쪽 두 방향 중 하나로 제시된다. 그러나 본 연구의 과제는 이보다 많은 여섯 가지 색상이 사용되었다. 스트룹 과제에서 자극의 개수가 증가하면 전반적인 반응시간이 느려지는데(Gholson & Hohle, 1968; McClain, 1983; Ray, 1974), 본 실험1에서 관찰된 반응 시간에서도 유사한 효과가 관찰되었다. 구체적으로, 본 실험에서 전체 평균 반응시간은 700ms대로 나타났으나, 본 실험과 유사한 패러다임에서 4가지 색상을 사용한 선행연구(Kim, Chung, & Kim, 2010)에서는 전반적인 반응시간이 600ms대에서 나타난 반면, 동일한

패러다임에서 본 실험1과 마찬가지로 6가지 색상을 사용하였을 때는 반응시간이 700ms대에서 나타나거나(Shin & Kim, 2015), 혹은 800ms대에서 나타났다(Kim et al., 2014). 또 다른 선행연구에서도 여덟 가지 색상 자극을 사용한 스트룹 과제에서 네 가지 색상 자극을 사용한 스트룹 과제보다 더 긴 반응시간이 관찰되었으며 이러한 효과는 특히 불일치조건에서 뚜렷하게 나타났다(Duthoo, Wuhr, & Notebaert, 2013). 뿐만 아니라 스트룹 간섭과 촉진도 자극 개수의 증가와 함께 증가할 수 있으며(Williams, 1977), 수반자극 과제를 사용한 선행연구에서는 과제와 관련한 자극이 증가할수록 CA 효과는 점진적으로 감소한다고 제안하였다(Blais & Verguts, 2012). 이는 사용되는 자극의 개수와 CA 효과의 크기 사이에 부적 관계가 존재할 수 있음을 시사한다.

둘째, 본 연구의 스트룹 과제는 지각적 갈등과 반응적 갈등을 동시에 지니고 있는 과제이다(Kim, et al., 2011). 선행연구에서 갈등은 의미 표상 수준(혹은 자극 수준)과 반응 수준에서 발생할 수 있으며 두 갈등 모두 스트룹 간섭에 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다(Kim et al., 2011; van Veen & Carter, 2005). 위에서 언급한 ISI와 CA 효과에 관한 이전 연구들에서 사용한 스트룹 과제는 각 색상이 하나의 반응키와 연합되어 있어 참가자들은 색상에 해당하는 반응키를 누름으로써 응답하였다(Egner & Hirsch, 2005; Kerns et al., 2004; Larson et al., 2009). 즉, 목표자극에 해당하는 반응키가 이미 자극과 연합되어 있었으며 이로 인해 자극과 자극 간 갈등이 주요 갈등의 출처로 작용하는 과제였다. 그러나 본 연구에서 사용한

과제는 불일치조건인 목표자극이 지니는 지각적 갈등과 응답자극이 지니는 반응적 갈등이 함께 존재하며 이는 반응시간을 현저히 증가시키는 요인이 된다(Kim et al., 2011). 선행연구에서도 과제에 반응적 갈등이 존재할 때 반응시간이 현저하게 느려지며 오류율이 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이러한 결과는 반응적 갈등이 스트룹 간섭을 증가시키며 과제 난이도를 높이는 것을 의미한다(De Houwer, 2003; van Veen & Carter, 2005). 따라서 자극 개수와 갈등의 출처라는 두 요인을 종합해보면, 본 연구에서 사용한 과제는 기존 선행연구에서 사용한 과제들보다 전반적으로 높은 난이도를 지닌 것으로 판단된다.

인지적 통제는 능동적 통제(proactive control)와 반응적 통제(reactive control)의 두 가지 기제로 각각 작동할 수 있다(Braver, 2012). 능동적 통제는 인지적으로 부하가 많은 사건에 앞서 통제량을 적절히 배분하여 목표와 관련한 정보를 능동적으로 유지하는 처리과정인 반면, 반응적 통제는 높은 간섭을 포함하는 사건이 탐지되고 난 후, 그 결과로서 촉발되는 통제량의 증가를 의미한다. 그러므로 짧고 일시적으로 나타나는 반응적 통제와 달리 하향처리에 의한 능동적 통제는 지속적인 자극을 처리하기 위한 충분한 시간을 요구한다. 즉, 본 연구에서 사용된 전반적인 난이도가 높은 과제에서는 ISI가 증가하면 오히려 능동적 통제가 나타날 가능성이 있다. 따라서 더 긴 ISI 조건에서 능동적 통제로 인한 CA 효과가 나타날 수 있다. 이를 확인하고자 연구 2를 수행하였다.

연구 2

연구 2는 난이도가 높은 과제에서는 처리시간이 충분할 때 능동적 통제가 나타날 수 있음을 재검증하고자 하였다. 연구 1에서 사용된 ISI 조건이 짧기 때문에 능동적 통제에 의한 CA 효과가 나타나지 않았을 가능성이 있으므로, 연구 1에서 가장 긴 ISI 조건이었던 2000ms를 가장 짧은 조건의 ISI로 사용하였다. 연구 2에서는 세 가지의 ISI 조건(2000ms, 5000ms, 8000ms)을 무선적으로 제시하여 각 조건에서의 CA 효과에 대해 살펴보았다.

방법

참가자 경북대학교에서 심리학 관련 교과목을 수강하는 연구 1에 참여하지 않은 43명의 대학생들이 연구 2에 참가하였다. 참가자들의 연령은 18세에서 24세($M=20.05$, $SD=1.87$)였으며, 이 중 여성은 21명으로 구성되었다.

재료 및 절차 실험자극 및 도구는 ISI 조건이 2000ms(S-ISI), 5000ms(M-ISI), 8000ms(L-ISI)인 것만 제외하고는 연구 1과 동일하였다.

결과

먼저, 정답률이 70% 미만이거나 반응시간이 2.5표준편차에서 벗어난 3명의 참가자들이 분석에서 제외되었으며, 나머지 40명의 참가자들을 대상으로 조건에 따른 차이를 검증하였다. 첫 번째로, 정답률과 반응시간에서의 스트룹 효과를 ISI 조건별로 분석하였다. 스트룹

효과는 연구 1과 동일한 방법으로 계산되었으며, 정답률에서 ISI 조건에 따른 스트룹 효과는 유의미한 차이를 보였다($F(2,78)=19.747$, $MSe=.046$, $p<.01$). 이를 살펴보면 M-ISI(6.3%)와 L-ISI(5.6%) 간의 차이는 없었으나($p>.05$), S-ISI(11.8%)의 스트룹 효과가 M-ISI와 L-ISI보다 유의미하게 더 큰 것으로 나타났다($p<.05$). 반면, 반응시간에 대한 분석에서는 ISI 조건에 따른 스트룹 효과의 차이가 유의미하지 않았다($F(2,78)=2.599$, $MSe=2426.761$, $p>.05$).

두 번째로, 정답률과 반응시간에서 CA 효과가 나타나는 지를 ISI 조건별로 살펴보았다. CA 효과는 연구 1과 동일한 방식으로 계산되었으며 정답률에서 유의미한 CA 효과는 나타나지 않았다($p>.05$). 반응시간에서의 CA 효과를 t 검정으로 조건별 분석한 결과, M-ISI($t(39)=3.908$, $p<.01$)과 L-ISI($t(39)=3.699$, $p<.01$)에서 유의미한 CA 효과가 나타났다. 그러나 S-ISI에서는 유의미한 CA 효과가 나타나지 않았다($t(39)=1.259$, $p>.05$). 각 조건별 CA 효과의 크기는 S-ISI에서 13.25ms, M-ISI에서 25.56ms, L-ISI에서 41.42ms 였다(그림 4). 일치 CA 효과와 불일치 CA 효과는 조건에 따라 다르게 나타날 수 있으므로, 두 CA 효과에 추가적인 검증을

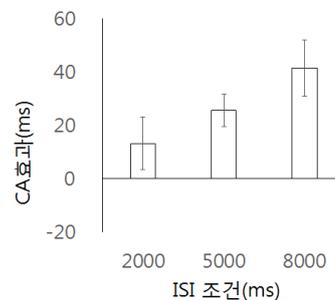


그림 4. 연구 2의 ISI 조건별 CA 효과

실시하였다. 그 결과, 일치 CA 효과는 M-ISI [29.32ms, $t(39)=5.986$, $p<.01$]과 L-ISI[24.76ms, $t(39)=4.888$, $p<.01$]에서 유의미하였지만 S-ISI [3.73ms, $t(39)=0.500$, $p>.05$]에서는 유의미하지 않았다. 불일치 CA 효과는 L-ISI[16.66ms, $t(39)=1.975$, $p<.05$]에서만 유의미하였으며 S-ISI [9.52ms, $t(39)=1.300$, $p>.05$], M-ISI[-3.77ms, $t(39)=-0.814$, $p>.05$]에서는 나타나지 않았다.

끝으로, 조건별 정답률과 반응시간에 대한 $3 \times 2 \times 2$ (ISI x 이전시행조건 x 현재시행조건)의 삼원 반복측정 변량분석을 실시하여 CA 효과와 ISI 조건 간의 상호작용을 살펴보았다. 먼저, 정답률에 대한 분석 결과, ISI에 따른 정답률의 차이는 유의미하였으며 [$F(2,78)=23.342$, $MSe=823.836$, $p<.01$], S-ISI에서 평균 정답률은 89.5%, M-ISI에서는 91.9%, L-ISI에서는 92.3%로 ISI의 길이가 증가할수록 정답률이 증가하는 선형적 경향을 보였다 [$F(1,39)=39.487$, $MSe=694.490$, $p<.01$]. 일치시행(95.2%)보다 저조한 불일치시행(87.3%)으로 인하여, 현재 시행 조건에 따른 차이 또한 유의미하였다 [$F(1,39)=$

99.337, $MSe=7408.522$, $p<.01$]. ISI와 이전 시행 조건 간의 이원 상호작용도 유의미하였다 [$F(2,78)=3.176$, $MSe=100.127$, $p<.05$]. 이를 살펴보고자, 이전 시행 조건이 일치인 시행과 불일치인 시행을 ISI 조건별로 분석한 결과, 일치조건에서 S-ISI(88.7%)가 M-ISI(92.2%)와 L-ISI(91.7%)보다 유의미하게 낮았으며 [$p<.01$], 불일치조건에서는 L-ISI(92.9%)가 S-ISI(90.1%)와 M-ISI(91.6%)보다 유의미하게 높았다 [$p<.05$]. 더불어, ISI와 현재 시행 조건의 상호작용이 유의미하였다 [$F(2,78)=20.497$, $MSe=921.567$, $p<.01$]. 이는 S-ISI에서 11.8%, M-ISI에서 6.3%, L-ISI에서 5.6%로 선형적 감소를 보인 스트룹 효과로 인하여 나타났다 [$F(1,39)=27.348$, $MSe=766.508$, $p<.01$]. 그러나, 삼원 상호작용은 유의미하지 않았다 [$F(2,58)=0.780$, $MSe=30.775$, $p>.05$].

반응시간에 대한 반복측정 변량분석 결과, ISI의 주효과는 유의미하였다 [$F(2,78)=31.705$, $MSe=155159.258$, $p<.01$]. ISI 조건별 반응시간은 S-ISI에서 794.21ms, M-ISI에서 758.40ms,

표 2. 연구 2의 ISI x 이전 시행 조건 x 현재 시행 조건(3 x 2 x 2)에 대한 반복측정 변량분석

변산원	제곱합	자유도(df)	평균제곱	F
ISI	155159.258	2	77579.629	31.705**
오차	190857.962	78	2446.897	
ISIx이전시행	7662.074	2	3881.037	6.260**
오차	48359.471	78	619.993	
ISIx현재시행	4855.353	2	2427.676	2.600
오차	72840.851	78	933.857	
ISIx이전시행x현재시행	3989.287	2	1994.6430	2.310
오차	67356.655	78	863.547	

** $p<.01$

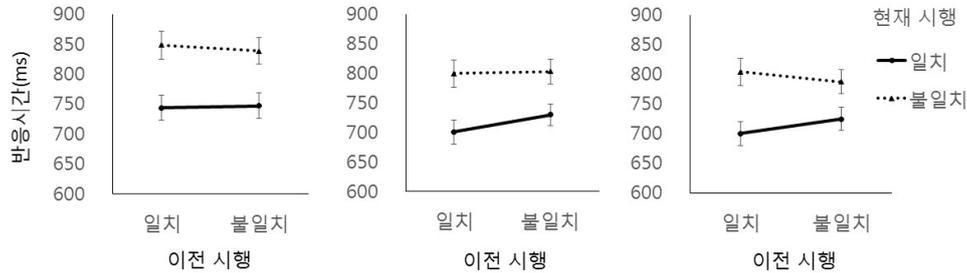


그림 5. 연구 2의 ISI 조건에 따른 반응시간. 왼쪽부터 S(2000ms), M(5000ms), L(8000ms)

L-ISI에서 754.10ms으로 ISI가 증가할수록 반응 시간은 감소하는 선형적 경향을 보였다($F(1,39) = 102.350, MS_e = 128675.918, p < .01$). 또한 CA 효과인 이전 시행 조건과 현재 시행 조건의 상호작용이 유의미하였다($F(1,39) = 20.241, MS_e = 21451.189, p < .01$). 아울러, ISI와 이전 시행 조건의 유의미한 상호작용이 나타났다($F(2,78) = 6.260, MS_e = 7668.074, p < .01$). 이를 자세히 알아보고자, 각 ISI 조건에서 이전 시행 조건이 일치인 시행과 불일치인 시행을 비교하였다. 그 결과, S-ISI와 L-ISI은 이전 시행 조건에 따른 차이가 없었으나($p > .05$), M-ISI에서는 이전 시행 조건이 불일치일 때(766.67ms), 이전 시행 조건이 일치일 때 보다(750.13ms) 유의미하게 느린 반응시간을 보였다($p < .01$). 그러나, 삼원 상호작용은 관찰되지 않았다($F(2,78) = 2.310, MS_e = 3989.287, p > .05$). 반응시간에 대한 반복 측정 변량분석의 결과는 표 2에 제시되어 있으며, ISI에 따른 조건별 평균 반응시간은 그림 5에 제시되어 있다.

논 의

연구 2는 연구 1에서 사용된 스트룹 과제에서 ISI가 너무 짧기 때문에 CA 효과가 관찰되

지 않았을 것이라는 가정을 확인하기 위해 수행되었다. 실험결과, 연구 1의 결과와 동일하게 ISI가 길어질수록 전체적인 정답률은 증가하며 반응시간은 감소하는 경향이 관찰되었다. ISI 조건에 따른 스트룹 효과는 정답률에서만 차이를 보였으며 반응시간의 경우 차이가 나타나지 않았다. 또한, CA 효과에 있어서는 M-ISI 조건(5000ms)과 L-ISI 조건(8000ms)에서만 유의미한 CA 효과가 발견되었다. 이를 상세히 살펴본 결과, 일치CA 효과는 두 ISI 조건에서 유의미하였으며 불일치CA 효과는 L-ISI 조건에서만 유의미하였다.

ISI가 길어짐에 따라 높은 정답률과 빠른 반응시간이 나타난 점은 참가자가 경험한 과제의 난이도가 낮아졌음을 시사한다. 그러나 스트룹 효과는 ISI 조건에 따른 변화를 보이지 않았다. 비록 S-ISI 조건(2000ms)에서 정답률의 스트룹 효과가 낮은 것으로 나타났으나 반응 시간에서는 ISI 조건 간 차이가 발견되지 않았다. 즉, ISI 조건이 전반적인 과제 난이도에는 영향을 미쳤지만 스트룹 효과에는 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 특히 M-ISI 조건과 L-ISI 조건은 정답률과 반응시간 모두에서 스트룹 효과의 차이를 보이지 않았다. 스트룹 과제에서 억제적 처리를 수행하기 위해서는

충분한 시간이 필요하며 보다 긴 ISI가 포함된 시행에서 억제적 처리가 더 효과적인 것으로 알려져 있다(Galer et al., 2014). 따라서 연구 2의 M-ISI 조건과 L-ISI 조건에서 억제적 처리는 유사한 수준으로 수행되는 것으로 유추할 수 있다. 그러나, 두 ISI 조건의 CA 효과는 차이를 보였다. L-ISI 조건의 CA 효과(41.42ms)가 M-ISI 조건의 CA 효과(25.56ms)보다 유의미하게 컸는데, 이는 불일치CA 효과가 L-ISI 조건에서만 관찰되었기 때문이다. 연구 1의 논의에서 제기한 바와 같이, 난이도가 높은 과제에서 ISI가 증가함에 따라 CA 효과가 커지는 것을 확인하였으며 이는 ISI 증가로 인한 능동적 통제량이 증가된 것에 기인한 것으로 판단된다.

능동적 통제는 반응적 통제보다 더 많은 노력을 요구하는 처리과정이며 준비 시간이 충분할 때 효과적으로 작동하는 것으로 여겨진다(Braver, 2012; Locke & Braver, 2008). 기대 또한 CA 효과에 영향을 미칠 수 있다고 알려졌는데(Egner, 2007), 능동적 통제는 기대에 근거한 통제과정으로도 볼 수 있으며 기대수준이 높은 경우 반응적 통제 대신 능동적 통제가 사용될 수 있다(Braver, 2012). 이는 다가올 자극을 예상하여 주의를 미리 기울이는 것을 뜻한다. 이러한 능동적 통제 과정은 자극의 유형이나 시행의 유형과 같이 무엇이 나타날 지를 기대하는 것뿐만 아니라 언제 그 자극이 나타날 지에 대한 기대에 대해서도 작동한다고 제안된 바가 있다(Wendt & Kiesel, 2011). 연구 2에서 ISI 조건은 각 시행 별로 무선적으로 제시되도록 조작되었는데 이러한 과제에서 자극이 언제 나타날지에 대해서 예상하는 것은

매우 어렵다. 만약 시간적 예측이 더 쉬운 상황이라면 일정한 기대를 형성할 수 있고 이로 인해 능동적 통제가 더 효율적으로 나타날 수 있을 것이다. 즉, 고정된 ISI 조건 하에서는 기대효과가 강화될 수 있으며 이로 인해 더 큰 CA 효과가 나타날 수 있을 것이라 예상할 수 있다. 따라서 연구 2에서 사용된 ISI와 동일한 길이를 갖되, 고정된 ISI 블록을 지닌 조건하에서 이를 확인하고자 연구 3을 수행하였다.

연구 3

연구 3은 기대에 의한 처리가 가능하도록 하여 능동적 통제가 발생하기 쉽도록 실험 조건을 조작하였다. 이를 위해 구획설계를 사용하였으며 연구 2와 동일한 ISI 조건을 사용하되, 세 회기에 각 ISI 조건을 고정하여 제시하였다. 이러한 조작을 통해 자극 출현 시간에 대한 예측이 가능하도록 하였다. 기대효과가 작용한다면, 능동적 통제로 인한 CA 효과가 더 크게 나타날 수 있을 것으로 예상하고 실험을 수행하였다.

방법

참가자 경북대학교에서 심리학 관련 교과목을 수강하는 연구 1과 2에 참여하지 않은 53명의 대학생들이 연구 3의 실험에 참가하였다. 참가자들의 연령은 20세에서 29세($M=22.04$, $SD=2.01$)이었으며, 이 중 여성은 37명으로 구성되었다.

재료 및 절차 연구 3의 실험은 구획설계

(block design)를 사용하였다. 한 회기 내에서 ISI는 고정되어 제시되었으며 참가자들은 2000ms(S-ISI), 5000ms(M-ISI), 8000ms(L-ISI)의 세 ISI 조건을 각각 세 번의 회기로 진행하였다. 순서효과를 통제하기 위하여, 회기의 순서는 역균형화하였다. 이 외 실험자극 및 도구는 연구 1, 2와 동일하였다.

결 과

정답률이 70%미만인 1명의 참가자를 제외한 52명의 참가자들에 대해 분석을 실시하였다. 먼저, 정답률과 반응시간에서의 스트룹 효과를 연구 1 및 연구 2와 동일한 방법으로 ISI 조건별로 분석하였다. 정답률에서 ISI 조건에 따른 스트룹 효과의 차이는 유의미하였다 [$F(2,102)=13.944$, $MSe=.028$, $p<.01$]. 구체적으로, S-ISI(9.9%)의 스트룹 효과가 M-ISI(6.5%)와 L-ISI(5.5%)보다 유의미하게 더 높았으며 [$p<.05$], M-ISI와 L-ISI 간의 차이는 없었다 [$p>.05$]. 그러나, 반응시간에서는 ISI 조건에 따른 스트룹 효과의 차이는 나타나지 않았다 [$F(2,102)=.035$, $MSe=45.134$, $p>.05$].

다음으로, 각 ISI 조건에서 CA 효과의 여부를 정답률과 반응시간으로 확인해 보았다. CA 효과는 이전과 동일한 방법으로 계산되었으며, 정답률에서는 유의미한 CA 효과가 나타나지 않았다 [$p>.05$]. 조건별 CA 효과의 발생 여부를 t 검정으로 분석한 결과, M-ISI에서 유의미한 CA 효과가 나타났으며 [$t(51)=2.889$, $p<.01$], L-ISI에서 또한 CA 효과가 유의미한 것으로 나타났으나 [$t(51)=6.680$, $p<.01$]. 그러나 S-ISI에서는 CA 효과가 나타나지 않았다 [$t(51)=-0.447$,

$p>.05$]. 각 조건별 CA 효과의 크기는 S-ISI에서 -2.74ms, M-ISI에서 15.55ms, L-ISI에서 45.61ms였다(그림 6). 일치 CA 효과와 불일치 CA 효과에 대한 각각의 분석 결과, 일치 CA 효과는 S-ISI[15.03ms, $t(51)=3.908$, $p<.01$], M-ISI[9.02ms, $t(51)=2.494$, $p<.01$], L-ISI[24.60ms, $t(51)=7.058$, $p<.01$] 모두에서 유의미하였다. 불일치 CA 효과는 M-ISI[6.54ms, $t(51)=7.058$, $p<.01$], L-ISI[21.02ms, $t(51)=3.395$, $p<.01$]에서 유의미하였으며 S-ISI[-17.78ms, $t(51)=3.676$, $p>.05$]에서는 나타나지 않았다.

끝으로, CA 효과와 ISI 조건 간의 상호작용을 알아보려고 조건별 정답률과 반응시간에 $3 \times 2 \times 2$ (ISI x 이전시행조건 x 현재시행조건)의 삼원 반복측정 변량분석을 실시하였다. 정답률에 대한 분석 결과 ISI에 따른 정답률의 차이는 유의미하였으며 [$F(2,104)=17.479$, $MSe=813.935$, $p<.01$], S-ISI의 정답률(91.6%)이 M-ISI(93.8%)와 L-ISI(93.8%)보다 유의미하게 낮은 것으로 나타났다 [$p<.01$]. 일치시행(96.9%)보다 낮은 불일치시행(89.3%)으로 인하여, 현재 시행 조건에 따른 차이는 유의미하였다 [$F(1,52)=147.562$, $MSe=8155.670$, $p<.01$]. 또한, ISI와 현재 시행 조건 간의 이원 상호작용은 유의미하

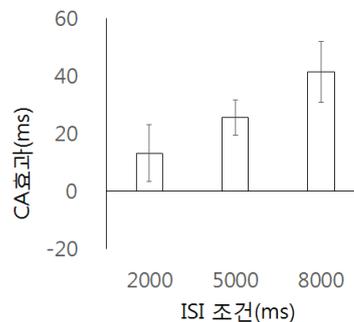


그림 6. 연구 3의 ISI 조건별 CA 효과

였는데 [$F(2,104)=13.878$, $MSe=543.770$, $p<.01$], 이는 ISI 조건에 따라 S-ISI에서 9.9%, M-ISI에서 6.5%, L-ISI에서 5.5%로 선형적으로 감소하는 경향을 보인 스트룹 효과로 인하여 나타났다 [$F(1,52)=23.756$, $MSe=493.647$, $p<.01$]. 그러나, 삼원 상호작용은 유의미하지 않았다 [$F(2,104)=1.420$, $MSe=41.922$, $p>.05$].

반응시간에 대한 반복측정 변량분석 결과, ISI의 주효과가 유의미하게 나타났다 [$F(2,102)=26.727$, $MSe=223976.524$, $p<.01$]. 이를 살펴보면, ISI 증가에 따라 반응시간도 증가하는 선형적 경향(S-ISI: 707.30ms, M-ISI: 726.91ms, L-ISI:

753.53ms)이 나타났다 [$F(1,51)=56.528$, $MSe=222271.529$, $p<.01$]. 한편, 이전 시행 조건과 현재 시행 조건의 상호작용, 즉 CA 효과는 유의미하였다 [$F(1,51)=21.085$, $MSe=14792.626$, $p<.01$]. 또한, ISI와 이전 시행 조건의 상호작용이 유의미하였는데 [$F(2,102)=7.541$, $MSe=7692.167$, $p<.01$], 이를 살펴보고자 이전 시행 조건이 불일치인 시행의 반응시간과 일치인 시행의 반응시간을 ISI 조건별로 분석하였다. 그 결과, M-ISI와 L-ISI은 이전 시행 조건에 따른 차이가 없었으나 [$p>.05$], S-ISI에서는 일치조건(699.10ms)과 불일치조건(715.50ms)의 차이가 유

표 3. 연구 3의 ISI x 이전 시행 조건 x 현재 시행 조건(3 x 2 x 2)에 대한 반복측정 변량분석

변산원	제곱합	자유도(df)	평균제곱	F
ISI	223976.524	2	111988.262	26.727**
오차	427394.362	102	4190.141	
ISI x 이전시행	7692.167	2	3846.083	7.541**
오차	52022.066	102	510.020	
ISI x 현재시행	90.396	2	45.198	.035
오차	130543.244	102	1279.836	
ISI x 이전시행 x 현재시행	15503.467	2	7751.734	20.070**
오차	39395.382	102	386.229	

** $p<.01$

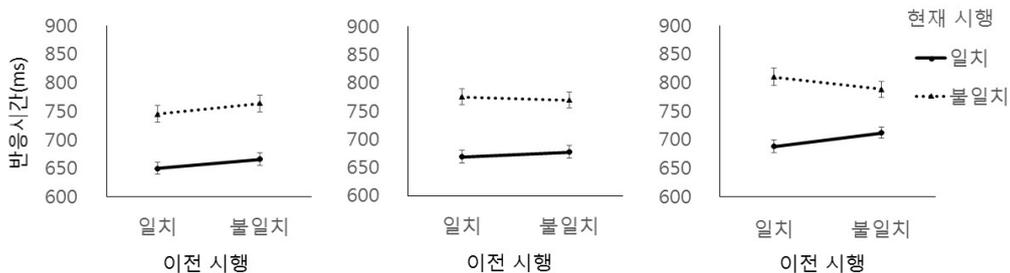


그림 7. 연구 3의 ISI 조건에 따른 반응시간. 왼쪽부터 S(200ms), M(500ms), L(800ms)

의미하였다($p < .01$). 마지막으로, ISI와 CA 효과의 유의미한 삼원상호작용이 나타났다($F(2,102) = 20.070$, $MS_e = 15503.467$, $p < .01$). 이에 ISI 조건에 따른 CA 효과의 경향을 살펴본 결과, CA 효과는 ISI의 증가에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 보였다($F(1,51) = 10.214$, $MS_e = 11104.185$, $p < .01$). 반응시간에 대한 반복측정 변량분석의 결과와 ISI에 따른 조건별 반응시간이 각각 표 3과 그림 7에 제시되어 있다.

논 의

연구 3은 ISI를 고정하여 참가자들이 자극 출현에 대한 시간적 예측이 가능한 상황에서 능동적 통제가 기인한 CA 효과를 살펴보기 위하여 수행되었다. 이를 위해 연구 2와 동일한 ISI 조건을 지니되, ISI 조건을 블록으로 제시한 과제를 사용하였다. 실험결과, 정답률은 S-ISI 조건(2000ms)에서 다른 조건들보다 낮은 것으로 나타났으며 M-ISI 조건(5000ms)과 L-ISI 조건(8000ms)은 차이를 보이지 않았다. 그러나 반응시간은 ISI가 길어질수록 선형적으로 증가하는 경향이 관찰되었다. 연구 2의 결과와 마찬가지로, ISI 조건에 따른 스트룹 효과의 차이는 정답률에서만 유의미하였으며 반응시간에서의 차이는 나타나지 않았다. 전체 CA 효과는 M-ISI 조건과 L-ISI 조건에서 유의미하였고 일치CA 효과는 모든 조건에서 관찰되었다. 또한, M-ISI 조건과 L-ISI 조건에서 불일치CA 효과가 발견되었다. 변량분석결과 ISI 조건과 CA 효과 간의 유의미한 상호작용이 나타났는데 이를 세부적으로 살펴본 결과, ISI의 증가에 따른 CA 효과의 증가를 확인할 수 있었다.

실험결과, 연구 2의 결과와 마찬가지로 ISI가 증가할 때 CA 효과가 증가하는 것을 확인할 수 있었는데 연구 3에서는 연구 2에서 관찰되지 않았던 M-ISI 조건에서의 불일치CA 효과 또한 관찰되었다. 이 결과는 연구 2의 논의에서 예측한 바와 일치한다. 얼굴-단어 스트룹 과제를 사용한 선행연구(Duthoo et al., 2014)에서는 네 가지 ISI 조건(750ms, 1500ms, 2250ms, 3000ms)을 사용하였는데, 기대에 기반한 능동적 통제가 나타날 수 있도록 가장 긴 ISI 조건이 많이 출현하게끔 ISI 조건의 비율을 조작한 실험을 수행하였다. 그 결과, ISI의 비율이 동일하게 제시되었을 때는 발견되지 않았던 가장 긴 ISI 조건에서의 CA 효과가 발견되었다. 이는 ISI 조건의 출현에 대한 조작으로 시간적 기대에 근거한 능동적 통제가 이루어진 것으로 해석될 수 있다. 마찬가지로, 본 실험에서만 관찰된 CA 효과 또한 ISI 조건에 대한 조작으로 발생한 능동적 통제가 기인하는 것으로 생각할 수 있다. 요약하면, 연구 3에서 관찰된 전반적으로 높은 CA 효과는 ISI 조건을 블록으로 제시함으로써 시간적 예측이 용이해짐에 따라 더 높은 수준의 능동적 통제가 나타났음을 시사한다.

종합논의

본 연구는 능동적 통제가 CA 효과에 미치는 영향에 대해 살펴보고자 하였다. 선행연구에 의하면 CA 효과는 반응적 통제에 의해 발생하며 일시적이고 빠르게 사라지는 것으로 제안되었다(Egner et al., 2010). 그러나 본 연구는 과제 난이도가 높을 때는 오히려 자극 간

간격이 길 때 능동적 통제에 의한 CA 효과가 발생할 수 있음을 확인하고자 하였다.

연구 1에서는 세 ISI 조건 중 가장 긴 ISI 조건이 2000ms 으로, ISI 조건에 따른 CA 효과의 차이는 발견되지 않았으며 불일치 CA 효과 또한 발견되지 않았다. 연구 2는 보다 긴 ISI 조건을 사용하여 가장 짧은 ISI 조건이 2000ms 이며 가장 긴 ISI 조건은 8000ms 이었다. 실험 결과, ISI 가 길어질수록 증가하는 CA 효과가 관찰되었다. 마지막으로, 연구 3에서는 자극의 출현 시간에 대한 예측이 가능한 상황을 조작하기 위해 연구 2와 동일한 ISI 조건을 사용하되, 고정된 ISI 조건하에서 자극을 제시하였다. 그 결과, ISI의 증가에 따른 CA 효과의 증가를 더 뚜렷하게 관찰할 수 있었으며 연구 2에서는 나타나지 않았던 CA 효과가 나타나는 것도 확인하였다. 이는 난이도가 높은 과제에서는 시간이 충분할 때 능동적 통제가 나타나며 또한 자극 출현 시간의 예측이 가능한 상황에서는 강화된 기대효과로 인해 능동적 통제가 더 효율적으로 나타날 수 있음을 나타내는 결과이다.

본 연구에서는 CA 효과를 더 자세히 살펴보고자 현재 조건이 일치시행일 때의 CA 효과와 현재 조건이 불일치시행일 때의 CA 효과를 각각 계산하였다. 일치CA 효과와 불일치CA 효과의 기제는 서로 다를 수 있는데, 일치CA 효과는 반응적 통제의 영향으로 ISI 조건의 조작과는 무관하게 연구 전반에서 관찰된 것으로 보인다. 반면, 불일치CA 효과는 능동적 통제의 영향을 받은 것으로 여겨지는데, 연구 1에서는 관찰된 바가 없으며 연구 2의 L-ISI 조건과 연구 3의 M-ISI 조건, L-ISI 조건

에서만 관찰되었다. 특히 능동적 통제가 가장 효율적으로 작동한 연구 3의 경우 ISI 조건의 증가에 따라 -17.78ms, 6.54ms, 21.02ms로 증가하는 경향을 보였다. 두 CA 효과를 합한 전체 CA 효과 또한 능동적 통제의 영향으로 연구 2와 연구 3 모두에서 ISI의 증가에 따라 증가하는 것을 볼 수 있다. 선행연구(Notaebaert, Gevers, Verbruggen, & Liefvooghe, 2006)에 의하면, CA 효과는 자극과 반응에 의한 상향적 통제와 주의 조절로 인한 하향적 통제의 상호작용에 의해 나타날 수 있으며 자극에 의한 통제는 모든 ISI 조건에서 나타나는 반면 주의 조절에 의한 통제는 어느 정도의 시간을 필요로 하는 것으로 제안된다. 선행연구와 유사하게, 본 연구의 일치CA 효과는 자극의 출현 이후 발생하는 반응적 통제에 기반하여 연구 전반에서 관찰된 반면, 불일치CA 효과는 기대와 예상으로 인해 자극의 출현 이전부터 지속되는 능동적 통제의 영향을 받아 특정 ISI 조건에서만 발생한 것으로 보인다.

또한, 연구 1에서 ISI 조건이 증가할수록 스트룹 효과가 감소하는 경향이 발견된 반면, 연구 2와 연구 3에서는 ISI 조건에 따른 스트룹 효과의 차이가 없었다. 이는 연구 2와 연구 3의 각 ISI 조건에서 억제적 처리가 유사한 수준으로 수행되었음을 시사한다. 그러나 위에서 언급한 바와 같이, 이 두 실험의 각 ISI 조건들에서 CA 효과는 차이를 보였다. 즉, 본 연구에서 관찰된 능동적 통제는 스트룹 효과에는 영향을 미치지 못하고, CA 효과에만 영향을 미친 것으로 보인다.

한편, 본 연구는 능동적 통제로 인한 CA 효과가 어느 지점에서 감소 혹은 소멸하는지를

확인할 수 없다는 한계를 지닌다. 선행연구에 의하면 작업기억의 부하가 크지 않을 때는 나타날 자극에 대비하여 작업기억 내 항목들을 유지하는 능동적 통제의 전략을 사용하는 반면, 작업기억의 부하가 높아 용량을 초과할 경우 반응적 통제의 전략이 사용된다고 한다 (Speer, Jacoby, & Braver, 2003). 따라서 과제의 난이도가 너무 높거나 ISI 간격이 너무 긴 조건에서는 능동적 통제로 인한 CA 효과가 발생하지 않을 것으로 예상할 수 있다. 따라서 CA 효과의 쇠퇴 지점을 난이도와 ISI 측면에서 살펴보는 후속연구가 필요할 것으로 여겨진다. 또한 추가적으로, 세 연구에 참여한 참가자들의 수에 있어 다소 큰 차이가 존재하여 실험들 간 통계치 비교에 편향이 발생할 가능성을 제기할 수 있지만, 모든 실험에 충분한 참가자들이 포함되었기 때문에 각 실험 내 통계치의 해석에는 영향을 주지 않았을 것으로 판단된다.

본 연구 결과를 바탕으로, ISI 조건의 제시 방법이 스트룹 과제 수행에 미치는 영향을 알아보는 후속연구의 필요성을 제언하고자 한다. 본 연구는 연구 1 과 연구 2에서는 무선화된 ISI 조건을 사용하였고 연구 3에서는 고정된 ISI 조건을 사용하였다. 그 결과, 연구 1 과 연구 2에서는 ISI 조건이 길어질수록 반응시간이 감소한 반면, 연구 3에서는 ISI 조건이 증가할 때 반응시간도 함께 증가하는 경향이 발견되었다. 선행연구에 의하면 변화하는 ISI 조건에서는 주의를 유지하는 능력에 간섭이 나타나며(Wodka, Simmonds, Mahone, & Mostofsky, 2009), 기대효과가 감소하여 자극의 출현을 예상하기 어렵게 된다(Clementz, Barber, & Dza,

2002). 따라서 이 두 조건에서 관찰된 상반된 경향은 주의를 유지 혹은 자극 출현에 대한 기대효과로 인한 것으로 보인다. 그러나, 고정된 ISI 조건과 무선적인 ISI 조건이 스트룹 과제에 미치는 영향을 명확하게 밝힌 연구는 아직까지 없다. 고정된 ISI 조건과 무선적인 ISI 조건 둘 다 스트룹 과제를 다룬 선행연구들에서 많이 사용되었지만, 두 조건이 스트룹 효과와 CA 효과에 어떤 영향을 미치는 지를 체계적으로 비교한 연구는 아직 수행되지 않았다(Galer et al., 2014). 따라서 ISI 조건에 따른 스트룹 과제 및 인지적 통제의 차이를 비교하는 연구가 필요하다.

결론적으로, 본 연구는 인지적 부하가 높은 과제에서는 처리시간이 충분할 때 능동적 통제가 나타날 수 있으며 이러한 능동적 통제는 자극 출현에 대한 기대를 형성하기 쉽도록 자극출현시간이 고정된 조건에서 더 효율적으로 발생하는 것을 확인하였다. 인지적 통제와 CA 효과에 대해 이루어진 광범위하고 다양한 연구에서 불구하고, 이 두 요인들의 기제 및 특성에 관한 연구는 충분하지 못하다. 본 연구와 같은 능동적 통제에 관한 연구가 더 많이 수행된다면 인지적 통제 과정에 대한 더 깊은 이해가 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- Blais, C., & Verguts, T. (2012). Increasing set size breaks down sequential congruency: Evidence for an associative locus of cognitive control. *Acta Psychologica, 141*, 133-139.
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M.,

- Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108, 624-652.
- Botvinick, M. M., Cohen, J. D., & Carter, C. S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 539-546.
- Botvinick, M. M., Nystrom, L. E., Fissell, K., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (1999). Conflict monitoring versus selection-for-action in anterior cingulate cortex. *Nature*, 402, 179-181.
- Braem, S., Verguts, T., & Notebaert, W. (2011). Conflict Adaptation by Means of Associative Learning. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 37, 1662-1666.
- Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: a dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 16, 106-113.
- Clementz, B. A., Barber, S. K., & Dzau, J. R. (2002). Knowledge of stimulus repetition affects the magnitude and spatial distribution of low-frequency event-related brain potentials. *Audiology and Neuro-Otology*, 7, 303-314.
- De Houwer, J. A. N. (2003). On the role of stimulus-response and stimulus-stimulus compatibility in the Stroop effect. *Memory & Cognition*, 31, 353-359.
- Duthoo, W., Abrahamse, E. L., Braem, S., & Notebaert, W. (2014). Going, going, gone? Proactive control prevents the congruency sequence effect from rapid decay. *Psychological Research-Psychologische Forschung*, 78, 483-493.
- Duthoo, W., Wuhr, P., & Notebaert, W. (2013). The hot-hand fallacy in cognitive control: Repetition expectancy modulates the congruency sequence effect. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20, 798-805.
- Egner, T. (2007). Congruency sequence effects and cognitive control. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 7, 380-390.
- Egner, T., Ely, S., & Grinband, J. (2010). Going, going, gone: characterizing the time-course of congruency sequence effects. *Frontiers in Psychology*, 1, 1-8.
- Egner, T., & Hirsch, J. (2005). The neural correlates and functional integration of cognitive control in a Stroop task. *Neuroimage*, 24, 539-547.
- Galer, S., Schmitz, R., Leproult, R., De Tiege, X., Van Bogaert, P., & Peigneux, P. (2014). Response-Stimulus Interval Duration Modulates Interference Effects in the Stroop Task. *Psychologica Belgica*, 54, 97-110.
- Gholson, B., & Hohle, R. H. (1968). Choice reaction times to hues printed in conflicting hue names and nonsense words. *Journal of Experimental Psychology*, 76, 413-418.
- Gratton, G., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1992). Optimizing the Use of Information - Strategic Control of Activation of Responses. *Journal of Experimental Psychology-General*, 121, 480-506.
- Hommel, B., Proctor, R. W., & Vu, K. P. L.

- (2004). A feature-integration account of sequential effects in the Simon task. *Psychological Research-Psychologische Forschung*, 68, 1-17.
- Kerns, J. G., Cohen, J. D., MacDonald, A. W., Cho, R. Y., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2004). Anterior Cingulate conflict monitoring and adjustments in control. *Science*, 303, 1023-1026.
- Kim, C., Chung, C., & Kim, J. (2010). Multiple cognitive control mechanisms associated with the nature of conflict. *Neuroscience Letters*, 476, 156-160.
- Kim, C., Johnson, N. F., & Gold, B. T. (2014). Conflict adaptation in prefrontal cortex: Now you see it, now you don't. *Cortex*, 50, 76-85.
- Kim, C., Kroger, J. K., & Kim, J. (2011). A Functional Dissociation of Conflict Processing Within Anterior Cingulate Cortex. *Human Brain Mapping*, 32, 304-312.
- Larson, M. J., Kaufman, D. A. S., & Perlstein, W. M. (2009). Neural time course of conflict adaptation effects on the Stroop task. *Neuropsychologia*, 47, 663-670.
- Locke, H. S., & Braver, T. S. (2008). Motivational influences on cognitive control: Behavior, brain activation, and individual differences. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 8, 99-112.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological Bulletin*, 109, 163-203.
- Mayr, U., Awh, E., & Laurey, P. (2003). Conflict adaptation effects in the absence of executive control. *Nature Neuroscience*, 6, 450-452.
- McClain, L. (1983). Effects of response type and set size on Stroop color-word performance. *Perceptual and Motor Skills*, 56, 735-743.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
- Nieuwenhuis, S., Stins, J. F., Posthuma, D., Polderman, T. J. C., Boomsma, D. I., & de Geus, E. J. (2006). Accounting for sequential trial effects in the flanker task: Conflict adaptation or associative priming? *Memory & Cognition*, 34, 1260-1272.
- Notebaert, W., Gevers, W., Verbruggen, F., & Liefoghe, B. (2006). Top-down and bottom-up sequential modulations of congruency effects. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 112-117.
- Notebaert, W., Soetens, E., & Melis, A. (2001). Sequential analysis of a Simon task - evidence for an attention-shift account. *Psychological Research*, 65, 170-184.
- Ray, C. (1974). The manipulation of color response times in a color-word interference task. *Perception & Psychophysics*, 16, 101-104.
- Shin, G., & Kim, C. (2015). Neural correlates of cognitive style and flexible cognitive control. *Neuroimage*, 113, 78-85.
- Speer, N. K., Jacoby, L. L., & Braver, T. S. (2003). Strategy-dependent changes in memory: Effects on behavior and brain activity. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3, 155-167.

- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643.
- Sturmer, B., Leuthold, H., Soetens, E., Schroter, H., & Sommer, W. (2002). Control over location-based response activation in the Simon task: Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 28, 1345-1363.
- van den Wildenberg, W. P. M., Ridderinkhof, K. R., & Wylie, S. A. (2012). Once bitten, twice shy: on the transient nature of congruency sequence effects. *Frontiers in Psychology*, 3, 264.
- van Veen, V., & Carter, C. S. (2005). Separating semantic conflict and response conflict in the Stroop task: a functional MRI study. *NeuroImage*, 27, 497-504.
- Wendt, M., & Kiesel, A. (2011). Conflict adaptation in time: Foreperiods as contextual cues for attentional adjustment. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 910-916.
- Williams, E. (1977). The effects of amount of information in the Stroop color word test. *Perception & Psychophysics*, 22, 463-470.
- Wodka, E. L., Simmonds, D. J., Mahone, E. M., & Mostofsky, S. H. (2009). Moderate variability in stimulus presentation improves motor response control. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 31, 483-488.
- Wuhr, P., & Ansorge, U. (2005). Exploring trial-by-trial modulations of the Simon effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section a-Human Experimental Psychology*, 58, 705-731.

1 차원고접수 : 2015. 10. 23

수정원고접수 : 2015. 12. 20

최종게재결정 : 2015. 12. 28

Changes of Proactive Cognitive Control According to Inter-Stimulus Intervals

Yunji Lee

Chobok Kim

Department of Psychology, Kyungpook National University

In selective attention tasks such as the Stroop or flanker tasks, performance on the current trial is modulated by trial sequence. This is referred to as the conflict adaptation (CA) effect, which is used for a measurement of cognitive control. Various theoretical accounts have been proposed to explain the CA effect in a top-down or bottom-up manner. In a top-down attentional modulation view, the conflict monitoring theory suggests reactive control whereas an expectation-based account proposes proactive control. These have different assumptions in the time-course of the CA effect. In the present study, we used a relatively difficult version of the Stroop task to investigate whether the CA effect is influenced by temporal operation in the light of proactive control. In the Experiment 1 and 2, diverse inter-stimulus intervals were randomly presented in the tasks. The result showed that the CA effect could occur proactively when the processing time was sufficient. In the Experiment 3, we manipulated the inter-stimulus intervals in the block design to facilitate participants' anticipation of the stimulus presentation time. The results demonstrated that proactive control could be enhanced due to the expectation effect. Our findings suggest that the CA effect could occur through proactive control according to the nature of tasks. In addition, proactive control appears to operate more efficiently when processing time is enough and prediction of the stimulus onset is easy.

Key words : cognitive control, proactive control, conflict adaptation, inter-stimulus interval