

노인의 산술문제 해결에서 연습이 전환전략 선택에 미치는 효과

The Effects of Practice on the Strategy Choice and Switching
for Arithmetic Problem-solving in the Older Adults

박 예 지*

영남대학교 수학교육과

Yeji Park

Department of Mathematics Education

Yeungnam University

진 영 선**

경북대학교 심리학과

Youngsun Jin

Department of Psychology

Kyungpook National University

(초록)

생의 후반기에서의 집행기능은 나이가 들수록 저하하며, 그로 인해 문제해결 과정에서 전략 선택 및 전환 능력도 감소한다. 이와 같은 인지기능 저하를 막거나 늦추기 위해서는 적절한 인지 과제의 반복적 연습이 필수적이다. 본 연구에서는 노인 50명을 연습 및 비연습집단으로 구분하여 두 자릿수 덧셈 문제 풀이에서의 전략 전환(버림이나 올림)과 전략 선택에서의 수행 차를 비교했다. 인지적 유연성의 감퇴 여부 검증을 위해 실험 시작 단계에서 단서로 제시된 전략이 해당 문제의 풀이에 가장 적합한 경우와 다른 전략으로의 전환이 필요한 불일치 조건이 제시되었다. 또 문제 난이도에 따른 수행 차를 보기 위해 문제 유형을 동질 및 이질 문제로 구분했다. 그 결과, 첫째, 연습집단은 비연습 집단보다 단서가 일치할 때는 전략 전환 비율(즉, 전체 문제 수에 대한 전략 전환 문제 수의 비)이 더 낮았지만, 단서가 불일치할 때는 그 비율이 더 높았다. 또 연습집단에서는 전략 전환 비율에서 문제 난이도의 영향을 덜 받았다. 둘째, 연습집단의 반응시간이 비연습집단보다 더 빨랐는데, 단서 전략 불일치 조건인 동시에 이질 문제 조건일 때 두 집단 간 반응시간 차이가 가장 심했다. 셋째, 연습 집단의 오류율도 비연습집단보다 더 낮았는데, 특히 단서 전략 불일치 조건인 동시에 이질 문제 조건일 때 두 집단 간 오류율 차이가 더 심했다. 전반적으로 연습을 한 노인은 단서가 문제와 불일치

* (우) 38541 경상북도 경산시 대학로 280, 영남대학교 수학교육과 박사과정 박예지 (yeji3549@yu.ac.kr)

** Correspondence to: (우) 41566 대구광역시 북구 대학로 80, 경북대학교 심리학과 교수 진영선 (Youngsun Jin) (ysjin@knu.ac.kr)

하면서 고난도 문제일 때 연습하지 않은 노인보다 올바른 전략으로 전환을 더 잘했으며, 반응시간이 더 빠르고, 또 정확도도 더 높았다. 이는 연습을 통해 인지적 자원을 더 많이 요구하는 상황에서도 수행이 향상되었음을 보여준다. 따라서 본 연구의 결과는 정상 노인들이 집행기능의 노화로 인한 인지적 자원의 제한성을 극복하는 방법으로서 반복적 연습과 훈련을 통해 처리 부담을 줄이면서 전략 전환 및 선택 능력이 향상될 수 있음을 시사한다.

주제어 : 노화 과정, 집행기능, 인지기능 노화, 산술문제

(Abstract)

Strategies selected and revised during problem solving are some of the key components of successful problem solving. The implementation of these cognitive skills resorts to the brain capability, called executive function, which deteriorates with aging. But many of the earlier studies showed that cognitive training and practice could change the trajectory of the decline of the function. Using the simple two digit addition problems, the current study examined the effects of practice on 50 older adults. Strategy consistency (consistent vs. inconsistent task) and task difficulty (homogeneous vs. heterogeneous type) were manipulated for two groups of the adults (practice vs no-practice). As a result, the practice group had a lower rate of strategy switching when the cue strategies were consistent, but a higher rate when the cue strategies were inconsistent. Additionally, the practice group had less effect of task difficulty on the strategy-switching ratio. Secondly, not only did the practice group have faster overall response times, but also had smaller differences in response times when the cue strategies were inconsistent and heterogeneous. Finally, the error rate of the practice group was lower than that of the non-practice group. Especially, the discrepancy in error rates among the strategy consistency and task difficulty conditions was smaller for the practice group compared to the non-practice. In summary, older adults in the practice group demonstrated more efficient and flexible cognitive abilities to adapt to the diverse demands of the arithmetic problems. The findings of the current study are consistent with speculation that the practice can improve performance in older adults with reduced executive function even when demands on cognitive resources are high.

Key words : Aging, Executive function, Cognitive aging, Arithmetic problem-solving

I. 서론

고령화로 인해 노년기가 연장되면서 노년기 삶의 질은 사회적으로 중요한 관심사가 되었다. 우리 문화권에서도 연장된 노년기의 성공적인 삶에 관한 관심이나 연구가 2000년대

에 들어와 점점 더 활발해지고 있다. 성공적 노화의 개념에는 신체뿐만 아니라 인지 건강의 중요성도 포함된다. 즉, 타인의 도움에 의존하지 않는 자립 생활을 영위하기 위해서는 노인도 가능한 한 높은 수준의 인지능력을 유지하여 스스로 문제를 해결할 수 있어야 한

다. 그러나 노인은 젊은이처럼 문제해결의 전략을 효율적으로 사용하지 못하는 경우가 허다하다. 예를 들면, 타인과의 대화 내용을 개략적으로 추정하면서 생긴 오류로 소통의 어려움을 겪는다거나 중대한 의사결정 장면에서 잘못된 대안의 선택과 고집으로 재정적 손실을 치르기도 한다. 이와 같은 인지 활동의 오류는 노년기의 쇠퇴하는 대뇌 기능과 관련이 있는데, 전전두엽의 집행기능(executive function)이 가장 대표적인 기능이다(Lemaire, 2010; Parkin & Java, 1999).

노화와 함께 손상된 집행기능으로 인해 저하된 인지적 유연성은 문제에 대한 올바른 해결법을 선택해야 할 때 직전에 실행했던 방법에 더 많은 영향을 받게 한다. 이는 이전에 실행했던 해결법을 반복하는 결과를 가져오고, 문제해결 경로를 수정하기 위한 문제 특성의 분석 시 어려움을 겪게 만든다. 이와 같은 문제해결의 실패는 가장 최근에 채택한 해결법이 여전히 높은 활성화 상태에 있으면서 접근 가능성이 높아서 생긴다. 그러한 경우 기존의 해결법에서 벗어나 더 효율적인 다른 해결법을 활성화하는 전략 전환이 어렵다. 집행기능의 효율성이 저하된 노인의 경우는 젊은이에 비해 이러한 전략 전환에 필요한 시간이 상대적으로 오래 걸리는, 즉 더 큰 전환비용이 요구되는 것이다(Lemaire & Lecacheur, 2010).

그러나 이러한 집행기능의 노화에 따른 수행 저하도 반복적인 훈련이나 연습을 통해 향상된다(Dorbath, Hasselhorn, & Titz, 2013; Sandberg & Neely, 2016). 생의 후반기에도 꾸준한 훈련과 연습을 통한 적극적인 뇌 활동

은 뇌 가소성(brain plasticity)이 평생에 걸쳐 가능하다는 사실을 뒷받침해준다. 이때 뇌 가소성은 신경망이 경험에 대한 반응으로 변하는 것을 의미한다. 즉, 인지훈련이나 연습은 시냅스를 복구하고 신경 경로를 재조직해서 가소성을 촉진하고 인지 예비력(cognitive reserve)을 증가시킨다(Giorgakaki, Michaelides, & Constantinidou, 2013).

본 연구에서는 노년기 집행기능 노화에 따른 전략 전환 및 선택의 수행 저하를 반복 연습과 훈련으로 향상되는지를 확인하고자 하였다. 수 개념이나 계산 훈련은 이미 선행연구를 통해 뇌 활성화 수준을 높이는 효과를 보였다. 수학적 활동은 두뇌 활동을 촉진하여 기억력 증진과 사고력, 논리력을 신장시킬 뿐 아니라 노인의 인지적 수준에 적합한 내용으로 연습 프로그램을 구성한다면 치매 예방 방안이 될 수도 있다. 또 문제에 대한 적절한 전략을 선택하여 실행하는 능력은 일상생활 영위의 효율성이나 자기효능감을 높여주면서 성공적 노화로 이끌어 줄 수 있다(Geurten & Lemaire, 2019). 물론 본 연구에서는 산술 영역의 훈련 효과에 초점을 맞추고 있지만, 그 효과는 다른 인지적 영역으로 일반화할 가능성이 높은 편이다.

1. 집행기능과 전략 선택

집행기능은 지각이나 기억, 추론, 문제해결, 언어, 행동을 담당하는 제반 인지 과정의 유지나 조작, 계획, 조절 등에 관련된 고차원적 기능이다. 이러한 과정에는 자체 규제나 계획, 조직 및 복잡한 행동의 시작, 유지, 전환,

정지 기능 등도 포함된다. 집행기능의 하위 요소는 억제 통제, 작업기억, 그리고 인지적 유연성이 포함되는데, 다음의 세 하위요소로 구별된다(Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter, & Wager, 2000). 첫째, 억제기능으로 지배적 또는 자동적 반응의 선택과 실행을 방지하는 것이다. 둘째, 전환기능(예, 인지적 유연성)으로 서로 다른 과제들 사이 또는 인지적 실체(예, 정신적 표상과 전략) 사이에서 오가는 것과 관련이 있다. 셋째, 갱신기능으로 수신정보를 모니터링하고 부호화하는 것이다. 집행기능 관련 연구에 의하면, 정상적 노화와 병리학적 노화 모두 전환이나 억제, 갱신기능을 감소한다. 예를 들면, 선 잇기 검사를 사용한 연구에서도 나이가 많을수록 전환 능력이 더 감소했으며(Wecker, Kramer, Hallam, & Delis, 2005), go/no-go 과제(Potter & Greal, 2008), 정지-신호 과제(Rush, Barch, & Braver, 2006), 부정 점화 과제(Hasher, Stoltzfus, Zacks, & Rypma, 1991)에서도 확인되었고, 또 Stroop 검사나 Hayling 검사와 같은 신경심리학 검사로 평가했을 때도 억제 능력이 감소했다(Belleville, Rouleau, & Van der Linden, 2006).

노인의 인지능력에 영향을 미치는 주요인은 인지 전략과 관련되는데, 전략이란 더 높은 수준의 목표 달성이나 과제 수행 절차이다(Lemaire & Reder, 1999). Lemaire와 Siegler(1995)는 인지적 수행에 기여하고 나이에 따라 변하는 네 가지 전략 차원을 구분했는데, 이들은 전략 레퍼토리로 어떤 전략을 얼마나 많이 사용하는지에 관한 것, 전략분배로 각 전략을 얼마나 자주 사용하는지에 관한 것, 전략 실행으로 각 전략이 얼마나 빠르고 정확

하게 실행되는지에 관한 것, 그리고 전략 선택에 관한 것이다. 인지 노화는 전략적 변화와 연관성이 높는데, 특히 집행기능의 노화는 전략 선택의 수행 저하에 영향을 미친다. Hodzick와 Lemaire(2011)는 전략 선택의 연령차 연구에서 이를 매개하는 것이 전환 및 억제 능력이라고 밝혔다. 그들은 노인이 젊은이보다 활용이 가능한 전략의 수도 더 적고 최선의 전략 선택 비율도 더 낮음을 확인하였다. 구체적으로는 나이와 전략 선택 간에 부적 상관을 보였고 또 나이와 전환 및 억제 능력 점수 간에 정적 상관이 관찰되었는데, 이는 집행기능이 나이와 전략 선택 사이에 매개함을 시사한다. 또 집행기능의 효율성 저하는 귀납적 추론과 같은 고차적 인지기능의 수행에도 부정적 영향을 미친다.

전략 선택에 관한 연구들은 산술이나 기억, 대치전략 등을 다루었지만(Nieto, Romero, Ros, Zabala, Martínez, Ricarte et al., 2020), 대다수 연구는 수학적 인지 영역을 선택했다(Geurten & Lemaire, 2017, 2019). 그 이유는 수학이 일반적인 전략 변화, 특히 전략 선택에서 작업 기억과 같은 인지적 역량의 연령차 설명에 유용하기 때문이다. 예를 들면, 산술문제 해결은 과제난이도에 따라 연령차가 나타나는데, 단순한 문제(예, $9-5=?$) 풀이에서는 노인이 젊은이와 엇비슷하거나 오히려 더 잘하기도 하지만, 복잡한 과제(예, $8+4+2-5+1=?$ 혹은 $49-8=?$)에서는 젊은이의 수행이 더 나았다(Salthouse & Coon, 1994). 인지 전략은 수학적 능력에 큰 영향을 미치며, 산술문제는 사용이 가능한 전략 중 어떤 전략을 선택하는가가 매우 중요하다. 전략 선택에 관한 한 연구를 소개하면,

Lemaire과 Arnaud(2008)은 청년과 젊은이를 대상으로 '46×51'과 같은 곱셈의 근사치를 추정하게 하는 실험을 했다. 참가자들은 각 문제에 대한 두 가지 전략(즉, 올림 또는 버림) 중 최선의 전략(즉, 곱셈의 정확한 값에 더 가까운 근사치를 산출하는 전략)을 선택하도록 했다. 결과는 노인들이 젊은이들보다 각 문제에 대한 최선의 전략을 제대로 선택하지 못했음을 보여주었다.

2. 전략 전환과 전환비용

Siegler와 Araya(2005)의 전략 선택에서 SCADS* (Strategy Choice and Discovery Simulation*) 모델은 실험 참가자의 전략 선택은 물론 문제해결에 더 효율적인 다른 전략을 사용하기 위한 수정도 가능하다. 이는 참가자가 처음에 제시된 전략의 실행을 중지하고 더 나은 전략을 선택하여 전환할 수 있음을 의미한다. 참가자는 제시되는 단서에 따라 문제해결에 적합한 전략으로 바꿀 수 있는데, 예를 들면, 연속적으로 주어진 동일 유형의 문제에 대해 같은 전략이나 전략 수정의 단서를 주는 방법이 사용된다. Ardiale와 Lemaire(2012)는 참가자에게 두 자릿수 곱셈 문제의 근사치를 찾는 전략 실행을 요구하였다. 단서 전략으로 해법을 찾는 연습 후 참가자에게는 현재 전략의 실행을 중지하고 더 나은 전략으로 바꾸는 기회도 있었다. 그 결과, 노인의 전략 전환 능력이 젊은이보다 더 떨어진다는 것을 확인하였다. 전환비용이란 전략 실행 중 전략을 전환하지 않을 때와 비교해서 전환 시 생기는 반응시간의 증가를 뜻한다. 나이에 따른 전략

전환비용 증가는 문항 내 전략 전환비용(즉, 동일 문항 내에서 단서 전략을 실행한 후 실행했던 전략을 반복할 때보다 전략을 전환할 때 반응시간이 더 길어지는 것)과 문항 간 전략 전환비용(즉, 한 문제에서 다음 문제로 바뀔 때 전 문제에서 실행했던 전략을 다음 문제에서 반복할 때보다 전략을 전환할 때 걸리는 시간이 길어지는 것) 모두 확인되었다.

나이 증가에 따라 집행기능의 효율성이 감소한다는 점을 고려할 때 전환비용 증가는 인지능력 노화 수준이나 속도를 가늠하는 중요한 지표가 된다. 노인의 전환비용이 젊은이보다 더 컸음을 보여준 연구는 기존의 해결법이 그리 만족스럽지 않더라도 노인의 경우 전략 전환을 잘하지 못했음을 시사한다(Reimers & Malyor, 2005). 이는 인지 노화에 의한 억제와 전환 메커니즘의 효율성 감소에 기인할 것으로 추정된다. Hodzik와 Lemaire(2011)는 특정 문제에 대한 최선의 전략 선택 능력이 나이 증가에 따라 감소하는데, 이는 억제와 인지적 유연성과 같은 나이 관련 집행기능 변화에 의한 것임을 보였다. 즉 인지기능이 정상인 노인이더라도 집행기능의 노화로 인한 전환 및 억제 능력이 저하되어 각 문제에 대한 전략을 실행할 때 이미 실행한 전략이 최선이 아니더라도 전략을 수정하지 못한다는 것이다. 이는 각 문제에 대한 최선의 전략 선택 비율 및 효율성 감소로 이어지게 된다.

3. 전략 전환과 전략 선택 연습효과

인지기능이 정상인 자의 경우 동일 또는 유사한 학습자료에 대한 반복 연습이나 학습

은 수행의 향상으로 이어진다. 연습효과는 일반적으로 나이와 강한 정적 상관을 보이지만, 학력이나 성별, 지능 등의 인구통계학적 요인과는 상관이 없다. 특히 연습효과는 건강한 노인과 인지 기능장애를 가진 노인을 구분하는 진단 정보를 제공할 수 있다는 점에서 눈길을 끄는데, 예를 들면, 건강한 노인은 다양한 인지 과제에서 연습효과를 보이지만 인지 장애나 치매 상태 노인은 연습효과가 그다지 크지 않다(Calero & Navarro, 2004; Machulda, Pankratz, Christianson, Ivnik, Mielke, Roberts et al., 2013).

반복 연습이 인지 수행에 미치는 영향의 연구에서 연습효과의 크기가 과제 자체의 난이도, 사용된 시험-재시험 간격의 길이, 검사 당시 개인의 나이 및 일반 능력 수준, 장애 또는 질병의 평가 등과 관련됨을 보여준다. 예를 들면, 여러 연구에서 연습 간격이 길 때보다 짧을 때 더 효과적임을 보여주었다(Duff, Lyketsos, Beglinger, Chelune, Moser, Arndt, & McCaffrey, 2011; Falletti, Maruff, Collie, & Darby, 2006). 한편 Imbo와 Vandierendonck(2008)는 산술 영역에서 전략 선택 및 효율성의 연습효과를 살피기 위해 연습 세션이 0회나 3회, 6회 주어진 집단으로 구분하여 간단한 산술과제 해결에 걸린 시간으로 그 효율성을 평가했다. 그 결과, 3회의 연습 세션에서도 통제집단과의 차이가 크게 드러났다. 이와 같은 기존의 연구 결과들을 반영하여 본 연구에서도 연습집단의 노인들에게 총 3회의 연습 세션을 10분 간격으로 수행하도록 하였다. 또 연습 및 훈련의 장기 효과를 살핀 연구도 있는데, 젊은이와 노인을 대

상으로 5주 동안 집행기능 훈련이 시도된 예가 있다(Sandberg & Neely, 2016). 훈련 직후 문자 기억 과제 및 작업기억, 전환, 억제 과제를 검사한 결과 두 집단 모두 과제 수행의 향상을 보였고, 18개월 후 검사에서도 두 집단 모두 훈련 효과가 안정적으로 유지됨을 보였다. 이러한 결과는 연습이나 훈련이 성공적 노화를 위한 방안으로 볼 수 있음을 확인해준다.

앞에서 살펴본 연구에 의하면, 노인은 전략 전환 능력의 감소와 이에 따른 전략 선택의 수행 저하를 겪는다. 이러한 전략 전환 및 선택 능력의 저하를 시기적으로 좀 더 늦추거나 나아가 수행 향상이 가능한 방법은 없는 것인가? 노인은 집행기능의 노화로 인해 사용이 가능한 인지적 자원이 감소하고, 그로 인하여 전략 전환을 잘하지 못한다. 따라서 어떤 문제에 대해 직전에 수행했던 전략이 최선이 아님에도 불구하고 그 전략을 수정하지 못하는 등 최선의 전략 선택의 확률이 낮을 것이다. 그러나 노인도 연습을 통해 전환비용을 낮춰서 전략 전환 비율을 높인다면 현재 문제에 대해 직전에 수행하였던 전략이 최선이 아닐 때 이를 수정하거나 최선의 전략을 선택하는 확률도 높일 수 있다. 또 이와 같은 훈련은 인지적 자원을 더 많이 필요로 하는 고난도 문제에서도 효과가 나타날 것이다.

본 연구는 산술문제에서 전략 전환과 선택에서 노인을 대상으로 연습집단과 비연습집단의 차이를 확인하는 것이었다. 집행기능이나 산술능력, 어휘 능력이 비슷한 노인들을 연습 집단과 비연습집단으로 구분하여 전략 전환과 선택의 수행을 비교하였다. 구체적으로 참가

자들이 각 문제에 주어진 단서 전략이 자신이 선택한 실제 전략과의 일치 여부 그리고 문제의 난이도(동질 문제 대 이질 문제)에 따른 전략 전환 비율, 최선의 전략 선택에 걸리는 시간, 그리고 오류율 등을 비교했다.

II. 방법

1. 연구 참가자

K시에 거주하는 65세에서 84세 사이의 노인 50명(남성 23명, 여성 27명: $M_{age} = 71.24$, $SD = 4.66$)이 실험에 참여했는데, 무작위로 연습 및 비연습집단으로 25명씩 배정되었다. 그들은 관내 노인 관련 기관의 등록 회원으로 실험 참가 안내 공문을 통해 모집되었는데, 모두 자발적으로 참여를 결정한 자들이었다. 그들은 실험 전에 개별적으로 실험 참가에 동의했으며, 신경학적 또는 심리적 장애 병력이 없는 자들이었다. 즉 모두 치매나 인지기능에 영향을 줄 만한 약물을 복용한 적이 없는 자로 한국판 간이 정신상태 검사 [K-MMSE (Korean version of the Mini-Mental State Examination); Kang, Na, & Hahn, 1997]에서도 점수 분포가 인지적으로 정상 범주인 25에서 30점($M = 28.22$, $SD = 1.28$) 사이였다.

2. 연구 도구

본 연구에 활용된 도구는 K-MMSE를 비롯하여 여섯 가지였는데, 이들은 참가자의 인지 장애 여부 확인이나 실험 과제에 미칠 수 있

는 영향 통제를 위한 도구 그리고 실험 과제였다. 그 구체적인 내용은 다음과 같다.

1) 간이 정신상태 검사

참가자들의 인지 장애 여부를 확인하기 위해 앞에서 언급한 한국판 간이 정신상태 검사(K-MMSE)가 활용되었다. 이는 간편 인지 기능 측정 검사로 시간 지남력을 비롯하여 장소 지남력, 기억 등록, 주의집중 및 계산 능력, 기억회상, 언어 능력, 시공간적 구성 능력으로 구성되어 있으며, 총점은 30점이다.

2) 서울 신경 심리 검사 배터리

참가자의 산술능력이 실험 과제 수행에 미치는 영향을 통제할 목적으로 서울 신경 심리 검사 배터리(Seoul Neuropsychologic Screening Battery, SNSB-II)의 일부인 계산 검사(Calculation)를 활용했다(Ji, Jhang, & Kang, 2020). 이는 덧셈과 뺄셈, 곱셈, 나눗셈 문제를 3문제씩 제시한 과제로 연산마다 한 자릿수와 한 자릿수, 한 자릿수와 두 자릿수, 두 자릿수와 두 자릿수 계산 문제가 세로로 제시되어 있다. 이때 곱셈과 나눗셈은 세로나 가로 계산 중에서 참가자가 편하게 생각하는 쪽의 수식을 이용하여 계산하도록 한다. 점수는 문제당 1점이고, 덧셈과 뺄셈, 곱셈, 나눗셈 각각의 만점은 3점이며, 총점은 12점이다.

3) 한국판 보스톤 이름 대기 검사

참가자의 언어 능력을 측정하기 위해 한국판 보스톤 이름 대기 검사 단축형[Short forms of the Korean-Boston Naming Test (K-BNT-15); Kim & Kim, 2013]으로 그림에 제시된 사물의

이름을 말하는 이름 대기 능력(confrontation naming ability)을 평가했는데, 그 이유는 주의 집중 능력이 제한되어 있고 오랜 시간 검사를 지속하기 어려운 노인의 특성 때문이었다. 이는 15문항으로 구성되었으며, 문항마다 1점으로 총점은 15점이다.

4) 선 추적 검사

집행 통제 기능 중에서 인지적인 세트를 전환하는 것에 관련된 능력(예, 이분적 집중력)을 살펴보기 위해 선 잇기 검사(Trail Making Test; Linari, Juantorena, Ibanez, Petroni, & Kamienkowski, 2022)가 활용되었다. 이는 A와 B파트로 구분되어 있는데, A파트는 1부터 15까지의 숫자가 적혀 있는 원들을 빠르고 정확하게 선으로 이어 나가는 과제라면, B파트는 1부터 8까지의 숫자가 적혀 있는 원들과 ‘월’부터 ‘일’까지의 요일 첫 글자가 적혀 있는 원들을 번갈아 가면서 차례대로(예: 1→ 월 → 2→ 화 → 3→ 수 → 4→ 목) 선으로 이어 나가는 과제이다. 본 연구에서는 B파트만 실시하였으며, 선 잇기 시작에서부터 끝날 때까지 걸린 시간과 오류 횟수를 측정하였다.

5) 스트룹 검사

전두엽 집행기능 중에서 특히 억제기능과 선택적 주의집중, 그리고 반응 융통성을 살펴보기 위해서 스트룹 검사(Stroop 검사; Seo, Kim, Yeo, Byun, & Chung, 2012)가 활용되었다. 이는 새로운 과제가 제시될 때 기존의 우세반응을 억제하고 새로운 조건에 선택적 주의집중이 잘 이루어지는지를 측정한다. 이 검사에서 과제는 단어 읽기와 색 읽기로 나누어

져 있는데, 단어 읽기 조건에서는 잉크의 색을 무시하고 글자를 읽고, 색 읽기 조건에서는 글자를 무시하고 색깔을 읽어야 한다. 채점은 단어 및 색 문항에서 반응시간과 오류의 수를 측정하였다. 억제기능을 반영하는 간접점수는 색깔 읽기 조건에서 60초 내의 전체 반응 문항 수에서 오류 문항 수를 뺀 값으로 계산하였다.

6) 주요 산술과제

실험에 이용된 자극은 표준 형태(A + B, 두 자리의 수)로 제시된 64개의 덧셈 문제이다. 이는 Taillan, Ardiale과 Lemaire(2015)의 실험 과제를 참고로 두 수의 1의 자릿수가 모두 5보다 작거나 5보다 큰 경우 ‘동질 문제’ 그리고 한 수의 1의 자릿수는 5보다 작고 다른 한 수의 1의 자릿수가 5보다 큰 경우 ‘이질 문제’로 정의했다. 동질 및 이질 문제 모두 32개씩이었다. 최선의 전략이 ‘버림’인 문제는 두 수의 정확한 합이 그 문제의 버림 근사치에 가까운 문제인데, 예를 들면, ‘32+56’ 문제의 버림 근사치는 ‘30+50=80’이고 또 올림 근사치는 ‘40+60=100’이다. 그러므로 문제의 정확한 계산값 88에 대하여 더 가까운 근사치는 버림이다. 최선의 전략이 ‘올림’인 문제는 두 수의 정확한 합이 그 문제의 올림 근사치에 더 가까운 문제인데, 예를 들면, ‘37+59’의 정확한 계산값 96에 대하여 더 가까운 근사치는 올림이다. 동질 문제의 절반(16개)은 단서 전략이 ‘버림’, 다른 절반은 ‘올림’으로 무작위로 제시되었다. 이질 문제에서도 마찬가지로 제시되었다. 곧 단서 전략도 32개 문제에서 버림으로, 나머지 32개 문제에서는 올림으로 주어졌다.

산술과제에 관한 기존 연구를 참고로 문제 선택에 기준은 다음의 여섯 가지가 적용되었다; (a) 문제의 절반은 왼쪽 위치에 더 큰 수를 뒀다(예: $46+12$), (b) 10이나 1의 자릿수가 0인 수가 없음, (c) 1의 자릿수에 5가 없음, (d) 두 수는 같은 10이나 1의 자릿수를 갖지 않음(예: $34+38$, $34+54$), (e) 1과 10의 자릿수가 같은 수로 이루어지지 않음(예: $33+88$), (f) 문제의 $\frac{1}{4}$ 은 2개의 짝수 수(예: $86+12$), 2개의 홀수 수(예: $23+49$), 1개의 짝수 수와 홀수 수(예: $26+87$), 또는 1개의 홀수와 짝수 수(예: $43+68$)로 구성됨. 모든 산술과제는 E-Prime 2.0을 사용하여 제작했으며, 자극은 14인치 모니터에 제시되었다. 반응은 참가자가 근사치를 구두로 말하기 시작하면 실험자가 마우스를 눌러 측정했으며, 근사치의 정답이나 오답도 참가자의 응답을 토대로 실험자가 직접 지필로 최대한 빨리 기재했다.

3. 연구 절차

참가자들은 실험에 앞서 인지 장애 여부 확인 및 과제 수행에 미치는 영향 통제 목적으로 지필 과제를 수행했다. 구체적으로 K-MMSE로 인지 장애 여부를 확인했고, SNSB-II 계산 검사로 산술 유창성을 측정했고, K-BNT-15로 언어 능력을 검사했고, 선 잇기 검사로 집행기능의 전환 능력을 평가했고, 그리고 Stroop 검사로 억제 능력을 평가했다. 이어서 참가자들은 본 실험에 참여했는데, 실험 기구나 절차, 과제에 익숙해지기 위해 6개의 연습 문제를 수행했다. 연습집단의 참가자는 총 3회의 연습 세션과 한 번의 테스트 세

션을 받았으며, 연습 세션은 한 세션당 16문제씩 진행되고, 세션 사이에 10분 휴식이 주어졌다. 과제 참여 시간은 1시간 40분 소요되었다. 비연습집단의 참가자는 한 번의 테스트 세션을 받았으며, 과제 참여 시간은 1시간 정도 소요되었다.

참가자에게 주어진 과제는 두 자릿수 덧셈 문제에 대해 정확한 덧셈 값의 산출이 아니라 정답에 최대한 가까운 근사치를 추정하는 것이었다. 실험자는 참가자에게 전략 선택 시 올림이나 버림 전략 중 하나를 선택하여 해당 근사치를 구두로 답하도록 요구했다. 예를 들면, ‘ $32+54$ ’의 값을 추정하기 위해 두 수를 모두 ‘버림’하는 전략을 선택하여 그 근사치로 ‘ $30+50$ ’의 계산값 ‘80’이라고 답하면 된다. 또는 ‘ $37+59$ ’의 값을 추정하기 위해 두 수를 모두 ‘올림’하는 전략을 선택하여 그 근사치로 ‘ $40+60$ ’의 계산값 ‘100’이라고 답하면 된다.

각 과제가 시행되면, 2,000ms 동안 준비 신호(*)가 나타난 후 다음 화면에 단서 전략 글자와 덧셈 문제가 함께 표시된다. 참가자는 덧셈 문제 위의 글자에 주목하라는 지시를 받았는데, 이는 문제를 반드시 단서 전략으로 실행해야 함을 강조한 것이다. 글자가 “버림”이면 참가자는 해당 문제를 버림 전략 그리고 “올림”이면 그 문제를 올림 전략으로 해결하라고 지시했다. 화면 좌측의 하단에 문제의 버림 근사치 계산식 그리고 우측의 하단에 문제의 올림 근사치 계산식을 제시하여 참가자가 근사치를 답할 때 계산식을 떠올려야 하는 인지적 과부하를 줄였다. 참가자가 단서 전략에 대한 근사치를 구두로 응답하는 즉시 실험자가 마우스 버튼을 누르면 화면이 넘어간다.

그리고 다시 1,000ms 동안 준비 신호(**)가 나타난다. 다음 화면에서 같은 덧셈식이 노란색으로 문제만 표시된다. 마찬가지로 좌측의 하단에 문제의 버림 근사치 계산식 그리고 우측의 하단에 문제의 올림 근사치 계산식이 함께 제시된다. 이때 참가자는 해당 문제에 대한 전략을 반복하거나 전환할 수 있으며, 문제에 대한 최선 전략의 선택과 동시에 선택한 전략에 해당하는 근사치를 계산하여 구두로 답하면 된다. 실험자는 참가자가 구두로 답하자마자 가능한 한 빨리 마우스 버튼을 눌렀으며, 참가자가 응답한 근사치가 정답인지 오답인지를 미리 작성해 둔 근사치 기록지에 입력한다. 참가자가 구두로 답하면서 동시에 버튼을 조작하기에는 반응시간의 오차 발생 및 미기록 우려가 있으므로 측정의 효율성을 위해 실험자가 마우스 버튼을 눌러 타이머를 종료했다.

실험 과제 제시 절차의 예는 <Figure 1>과 같은데, 이 두 번째 화면에서 단서 전략(예: 올림)과 문제(예: $27+51$)가 함께 제시되면 참가자는 반드시 단서 전략에 따라 문제에 대한 근사치 계산식(예: $30+60$)을 보고 구두로 “90”이라고 답해야 한다. 네 번째 화면에서 노란

색으로 같은 문제(예: $27+51$)가 제시되면 참가자는 두 수의 1의 자릿수를 보고 최선의 전략을 선택해야 한다. 이 문제는 두 수의 1의 자릿수가 다른(27은 1의 자릿수가 5보다 크고, 51은 1의 자릿수가 5보다 작음) 이질 문제이고, 실제 최선의 전략은 ‘버림’인 단서 전략 불일치 문제이다. 참가자는 버림에 대한 근사치 계산식(예: $20+50$)을 보고 구두로 “70”이라고 답해야 한다.

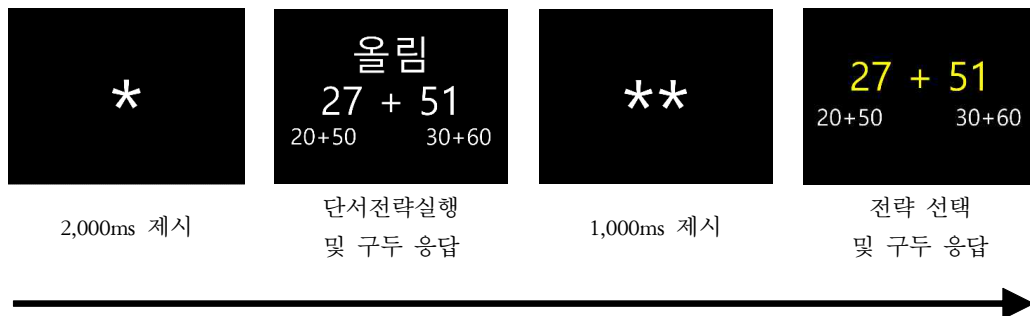
III. 결과

1. 실험 참가자 동질성

무작위로 구분된 비연습집단과 연습집단의 동질성 확인 정보는 <Table 1>과 같다. 두 집단 모두 나이나 학력, 인지기능 수준, 계산 능력, 언어 능력 등에서 차이가 전혀 없었다.

2. 전략 전환 비율

전략 전환 비율은 조건별 모든 문제 수에 대해 단서 전략을 실행한 후 전략을 전환한



<Figure 1> 단서 전략이 올림으로 제시되고 문제의 최선의 전략은 버림인 두 자릿수 덧셈 문제

〈Table 1〉 Descriptive statistics of the two groups

	비연습 집단 (<i>n</i> =25)		연습집단 (<i>n</i> =25)		<i>F</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
age (year)	71.00	5.37	71.48	3.92	< 1
schooling age (year)	12.64	2.40	13.32	2.14	1.12
K-MMSE	28.00	1.32	28.44	1.23	1.48
Calculation	11.44	.82	11.64	.81	< 1
TMT Time	56.24	24.33	56.56	24.14	< 1
TMT Error	.48	1.36	.40	.82	< 1
Stroop 검사	43.80	8.13	43.20	11.49	< 1
K-BNT	12.96	1.62	13.08	1.89	< 1

Note. K-MMSE: Korean version of the Mini Mental State Examination, TMT: Trail Making Test,
K-BNT: Korean version of the Boston Naming Test

〈Table 2〉 Mean and standard deviation of inter-group strategy switching rates (%) based on problem type specific clue strategies

		단서 전략 일치		단서 전략 불일치	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
동질문제	비연습	3.00	.73	87.00	1.86
	연습	1.25	.73	95.00	1.86
이질문제	비연습	13.75	3.12	74.25	2.85
	연습	3.25	3.12	91.00	2.85

문제 수의 비이다. 문제유형별 단서 전략에 따른 집단 간 전략 전환 비율의 평균과 표준편차를 <Table 2>에 제시하였다. 그 비율을 2[A(집단): 비연습, 연습] × 2[B(단서 전략): 일치, 불일치] × 2[C(문제 유형): 동질, 이질] 3-way mixed ANOVA로 분석했는데, A는 between-subjects 그리고 B 및 C는 within-subjects 변인이었다(<Table 3> 참조). 그 결과, 전략 전환 비율에서 세 변인의 상호작용이

유의미하게 나타났다($F_{1,48}=6.08, p<.05$). 주 효과 분석에서는 집단 간 차이는 없었으며($F_{1,48}=3.62, n.s.$), B의 효과는 유의미했다($F_{1,48}=1523.33, p<.001$). 이는 두 집단 모두 최선의 근사치를 찾고자 하는 목표를 추구하였음을 의미한다. 한편 A와 B의 상호작용 효과도 유의미했는데($F_{1,48}=19.62, p<.001$), 이는 연습집단이 비연습집단보다 단서 전략이 불일치할 때 전략을 더 적절히 전환할 수 있었고,

〈Table 3〉 ANOVA summary for the strategy switching rates

Source	SS (Type III)	df	MS	F
집단 간				
집단 (A)	488.28	1	488.28	3.62
오차	6469.53	48	134.78	
집단 내				
단서 전략(B)	332112.50	1	332112.50	1523.33 ^{***}
A × B	4278.13	1	4278.13	19.62 ^{***}
오차(B)	10464.84	48	218.02	
문제 유형(C)	50.00	1	50.00	1.46
A × C	2.27	1	2.27	< 1
오차(B)	1649.22	48	34.36	
B × C	2719.53	1	2719.53	17.28 ^{***}
A × B × C	957.03	1	957.03	6.08 [*]
오차(B × C)	7553.91	48	157.37	

* $p < .05$, *** $p < .001$

일치할 때 현재의 전략을 계속 실행할 수 있었음을 시사한다. 문제 유형의 효과는 유의하지 않았지만($F_{1,48}=1.46$, $n.s.$), B와 C의 상호작용은 통계적으로 유의했다($F_{1,48}=17.28$, $p<.001$).

다음으로 전략 전환 비율을 집단별로 단서 전략에 따른 집단별 전략 전환 비율을 살펴보면(<Table 4> 참조), 그 비율은 단서 전략 일치 조건에서는 연습집단(2.25%)은 비연습집

〈Table 4〉 Mean and standard deviation of inter-group strategy switching rates (%) in clue strategies and problem types

	비연습집단		연습집단	
	M	SD	M	SD
단서 전략				
일치	8.38	1.68	2.25	1.68
불일치	80.63	2.06	93.00	2.06
문제 유형				
동질	45.00	.92	48.13	.92
이질	44.00	1.60	47.13	1.60

단(8.38%)보다 더 낮았으며, 단서 전략 불일치 조건에서는 연습집단(93.00%)은 비연습집단(80.63%)보다 더 높았다. 문제 유형에 따른 집단별 비교의 경우, 동질 문제 조건에서는 연습집단(48.13%)과 비연습집단(45.00%)의 비율 차이가 거의 없었고, 이질 문제 조건에서도 연습집단(47.13%)과 비연습집단(44.00%)의 비율 차이가 거의 없었다. 단, 연습집단은 문제의 유형에 상관없이 전략 전환 비율이 50%에 가까웠다.

3. 최선의 전략 선택 실행 반응시간

반응시간이란 참가자가 단서 전략으로 문제를 실행한 후 마지막 화면에서 그와 같은 문제가 제시되었을 때, 각 문제에 대한 최선의 전략이 버림인지 올림인지 선택하여 그 전략에 해당하는 근사치를 계산하여 구두로 응답한 시간이다. 마지막 화면이 제시되자마자 타이머가 시작되어 참가자가 응답하자마자 실험자가 마우스 버튼을 누르면 타이머가 종료되었다. 문제유형별 단서 전략에 따른 집단 간 반응시간의 평균과 표준편차를 <Table 5>에 제시하였다. 전략 선택 실행 반응시간을

2[A(집단): 비연습, 연습] × 2[B(단서 전략): 일치, 불일치] × 2[C(문제 유형): 동질, 이질] 3-way mixed ANOVA로 분석했는데, A는 between-subjects 그리고 B 및 C는 within-subjects 변인이었다(<Table 6> 참조).

그 결과, 반응시간에서 세 변인의 상호작용은 유의미하지 않았다($F_{1,48}=1.07, n.s.$). 주 효과 분석에서는 집단 간 차이는 유의미했는데($F_{1,48}=19.82, p<.001$), 연습집단이 비연습집단보다 반응시간이 더 빨랐다. B의 효과는 유의미했는데($F_{1,48}=37.57, p<.001$), A와 B의 상호작용 효과도 유의했다($F_{1,48}=6.20, p<.05$). 또 C 문제 유형의 주 효과가 유의했는데($F_{1,48}=42.08, p<.001$), A와 C형의 상호작용 효과도 유의했다($F_{1,48}=17.30, p<.001$). 분석 결과를 구체적으로 살펴보면, 비연습집단은 단서 전략이 일치하는 조건이나 일치하지 않은 조건 모두 이질 문제에 대한 반응시간이 동질 문제에 대한 반응시간보다 더 길었다. 또 연습집단은 단서 전략이 불일치할 때 동질 문제와 이질 문제의 반응시간 차이가 거의 없었다. 단서 전략이 불일치할 때 문제 유형에 영향을 받지 않는 것으로 볼 수 있었는데, 이는 전환 능력 저하로 인해 단서 전략이 불일치할 때가 일치할

<Table 5> Mean and standard deviation of inter-group response times (ms) based on problem type specific clue strategies

		단서 전략 일치		단서 전략 불일치	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
동질 문제	비연습	2798.94	122.56	3185.03	145.53
	연습	2152.33	122.56	2345.38	145.53
이질 문제	비연습	2987.55	120.68	3386.51	149.48
	연습	2222.26	120.68	2360.74	149.48

〈Table 6〉 ANOVA summary for response times of executing best strategy choice

Source	SS (Type III)	df	MS	F
집단 간				
집단(A)	33564775.20	1	33564775.20	19.82 ^{***}
오차	81308716.03	48	1693931.58	
집단내				
단서 전략(B)	3896131.44	1	3896131.44	37.57 ^{***}
A × B	642737.05	1	642737.05	6.20 [*]
오차(B)	4977371.83	48	103695.25	
문제 유형(C)	706221.56	1	706221.56	42.08 ^{***}
A × C	290293.43	1	290293.43	17.30 ^{***}
오차(C)	805529.79	48	16781.87	
B × C	5435.33	1	5435.33	< 1
A × B × C	14215.09	1	14215.09	1.07
오차(B × C)	635656.28	48	13242.84	

* $p < .05$, *** $p < .001$

때보다 시간이 더 많이 소요되지만, 연습으로 어려운 문제에 해당하는 이질 문제의 해결에 걸리는 시간이 상대적으로 빨라졌음을 의미한다. 즉, 연습집단의 노인들은 연습을 통해 어

려운 조건(단서 전략이 불일치할 때 이질 문제의 최선의 전략을 선택하는 경우)에 대한 해결 능력이 상당히 향상되었음을 알 수 있다. 다음으로 단서 전략에 따른 집단별 최선의

〈Table 7〉 Mean and standard deviation of inter-group response times (ms) in clue strategies and problem types

	비연습집단		연습집단	
	M	SD	M	SD
단서 전략				
일치	2893.24	120.61	2187.29	120.61
불일치	3285.77	146.31	2353.06	146.31
문제 유형				
동질	2991.98	130.29	2248.85	130.29
이질	3187.03	131.90	2291.50	131.30

전략 선택 실행 반응시간을 살펴보면(<Table 7> 참조), 단서 전략 일치 조건에서 연습집단은 비연습집단보다 반응시간이 더 빨랐으며, 특히 단서 전략이 불일치할 때 연습집단은 비연습집단보다 반응시간이 유의하게 빨랐다. 문제 유형에 따른 집단별 최선의 전략 선택 실행 반응시간을 살펴보면, 동질 문제 조건에서 연습집단은 비연습집단보다 반응시간이 더 빨랐으며, 이질 문제에서도 연습집단이 비연습집단보다 유의하게 빨랐다.

4. 최선의 전략 선택 오류율

오류율은 조건별 전체 문제 수에 대하여 최선의 전략을 잘못 선택하여 근사치를 틀리게 응답한 문제 수의 비를 의미한다. 문제 유형별 단서 전략에 따른 집단 간 오류율의 평균과 표준편차를 <Table 8>에 제시하였다. 그 오류율을 $2[A(\text{집단}): \text{비연습}, \text{연습}] \times 2[B(\text{단서 전략}): \text{일치}, \text{불일치}] \times 2[C(\text{문제 유형}): \text{동질}, \text{이질}]$ 3-way mixed ANOVA로 분석했는데, A는 between-subjects 그리고 B 및 C는 within-subjects 변인이었다(<Table 9> 참조). 그 결과, 오류율에서 세 변인의 상호작용은 유의

하지 않았다($F_{1,48}=2.67, n.s.$). 비연습집단은 단서 전략이 일치하거나 일치하지 않는 조건 모두 문제 유형에 따른 오류율 차이가 컸던 반면, 연습집단은 두 조건 모두 문제 유형에 따른 오류율의 차이가 거의 없었다. 두 집단 모두 단서 전략이 불일치할 때 이질 문제에 대한 오류율이 더 높았는데, 이는 노인이 어려운 조건(단서 전략이 불일치 시 이질 문제의 최선 전략을 선택하는 경우)에서 문제를 해결할 때 더 많은 처리자원이 요구되기 때문이며, 직전에 실행한 전략을 억제하기 어려웠기 때문으로 볼 수 있다. 주 효과 분석의 경우, 집단 차이가 나타났는데($F_{1,48}=13.35, p<.01$), 연습집단이 비연습집단보다 오류율이 더 낮았다. 단서 전략도 효과가 나타났는데($F_{1,48}=12.36, p<.01$), 연습과 단서 전략의 상호작용 효과도 유의했다($F_{1,48}=7.83, p<.01$). 문제 유형의 효과도 유의했는데($F_{1,48}=10.30, p<.01$), 연습과 문제 유형의 상호작용 효과도 유의했다($F_{1,48}=5.92, p<.05$).

한편 단서 전략에 따른 집단별 최선의 전략 선택 오류율을 살펴보면(<Table 10> 참조), 단서 전략 일치 조건에서 연습집단의 오류율(1.63%)이 비연습집단(6.63%)보다 더 낮았다.

<Table 8> Mean and standard deviation of inter-group strategy selection error rates (%) based on problem type specific clue strategies

		단서 전략 일치		단서 전략 불일치	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
동질 문제	비연습	2.75	.71	6.00	1.13
	연습	1.00	.71	1.50	1.13
이질 문제	비연습	10.50	2.93	18.25	2.57
	연습	2.25	2.93	3.00	2.57

〈Table 9〉 ANOVA summary for error rates of executing best strategy choice

Source	SS (Type III)	df	MS	F
집단 간				
집단 (A)	2765.82	1	2765.82	13.35 ^{**}
오차	9946.88	48	207.23	
집단 내				
단서 전략(B)	468.95	1	468.95	12.36 ^{**}
A × B	297.07	1	297.07	7.83 ^{**}
오차(B)	1821.88	48	37.96	
문제 유형(C)	1617.38	1	1617.38	10.30 ^{**}
A × C	929.88	1	929.88	5.92 [*]
오차(C)	7540.63	48	157.10	
B × C	70.51	1	70.51	3.33
A × B × C	56.45	1	56.45	2.67
오차(B × C)	1015.63	48	21.20	

* $p < .05$, ** $p < .01$

〈Table 10〉 Mean and standard deviation of inter-group strategy selection error rates (%) in clue strategies and problem types

	비연습집단		연습집단	
	M	SD	M	SD
단서 전략				
일치	6.63	1.60	1.63	1.60
불일치	12.13	1.53	2.25	1.53
문제 유형				
동질	4.38	.77	1.25	.77
이질	14.38	2.59	2.63	2.59

특히, 단서 전략이 일치하지 않는 조건에서 연습집단(2.25%)의 오류율은 비연습집단(12.13%)보다 유의하게 낮았다. 문제 유형에 따른 집단별 최선의 전략 선택 오류율을 살펴보면,

동질 문제 조건에서 연습집단(1.25%)의 오류율이 비연습집단(4.38%)보다 더 낮았다. 이질 문제 조건에서도 연습집단(2.63%)의 오류율은 비연습집단(14.38%)보다 유의하게 낮았다.

IV. 논의

노년기에 집행 통제 과정의 효율성이 감소하면 각 문제에 대한 어떤 전략으로부터 다른 전략으로 유연하게 전환할 수 있는 인지적 유연성도 감소한다. 노인들은 일단 전략 실행에 참여하면 그 이후 전략 전환에 소요하는 비용이 더 많이 들어가기 때문에 최선의 전략 선택을 위해 현재 진행 중인 전략 실행을 중단할 수 있는 능력이 떨어지고, 특히 문제의 난이도가 클수록 전환비용이 더 많이 들어가므로 올바른 전략으로 전환하기가 쉽지 않다. 나이 관련 집행기능 장애에 따른 전략 전환 및 전략 선택 저하와 관련된 연구들에서는 수학 인지 영역을 선택했는데(Geurten & Lemaire, 2017; Hodzik & Lemaire, 2011; Taillan, Ardiale & Lemaier, 2015), 그 이유는 산술문제가 그와 같은 저하나 장애를 살펴볼 수 있는 효과적인 과제였기 때문이었다.

본 연구는 노인을 대상으로 산술문제를 통해 전략 전환과 전략 선택에서 연습의 효과를 확인하고자 한 것이었다. 구체적으로 문제에서 단서로 제시된 글자와 실제 최선의 전략 일치 여부 그리고 문제의 특성, 즉 동질 및 이질 문제에 따른 집단 간 수행 차이를 비교하고자 한 것이었다. 전환 능력에 관한 연구들은 대부분 연령차에 초점을 맞추고 있었다(Dorbath, Hasselhorn, & Titz, 2011; Kray, Li, & Lindenberger, 2002). 그렇지만 본 연구에서는 노인들을 대상으로 하여 집행기능 노화에도 불구하고 연습이나 훈련을 통해 집행기능 저하의 속도를 늦추고 전환 및 선택 과제에서의 수행 향상을 확인하고자 하였다.

연습이나 훈련은 집행기능 노화에 대응하기 위한 수단이며, 전략적인 인지 수행 최적화에 매우 중요하다.

일반적으로 집행기능의 노화로 인지적 유연성이 저하된 노인들은 최선의 전략을 선택해야 할 때 직전에 실행한 전략의 영향을 더 많이 받게 된다. 그러한 이유로 노인들은 이전 시행에서 실행했던 전략을 반복하거나 다른 전략을 선택하기 위한 문제의 특성 분석에 어려움을 겪는다. 본 연구에서는 그와 같은 일반성에서 과연 연습의 효과가 나타나는지를 살펴보았으며, 주요 결과와 그에 따른 시사점은 다음과 같다.

첫째, 전략 전환 비율에서 연습집단은 비연습집단보다 불일치 조건임과 동시에 이질 문제 조건에서 전략 전환을 더 잘 할 수 있었다. 즉, 연습집단은 단서 전략 일치 및 불일치 조건 모두에서 문제 유형의 영향을 비연습집단보다 덜 받았다. 이는 연습이나 훈련을 통해 문제의 특성을 파악하기 위한 인지적 자원을 확보하여 고난도 문제에 해당하는 이질 문제에서도 전략 전환을 잘 할 수 있음을 보여준 Geurten과 Lemaire(2019)의 연구 결과와 일치한 것이었다.

또, 연습집단은 비연습집단보다 단서 전략이 일치하는 조건에서는 전략 전환 비율이 더 낮았지만, 단서 전략의 불일치 조건에서는 전략 전환 비율이 더 높았다. 이는 연습집단은 단서 전략이 일치하는 조건에서는 전략을 전환하지 않았지만, 단서 전략의 불일치 조건에서는 전략 수정을 제대로 했음을 의미한다. 즉 연습을 통해 인지적 유연성이 향상되었음을 시사한다. 그 반면에 비연습집단은 단서

전략이 일치하지 않음에도 불구하고 전략을 수정하지 못하고 직전에 실행했던 전략을 반복했음을 의미한다. 이는 집행기능의 정상적인 노화를 겪고 있는 통제집단에 해당하는 비연습집단의 경우, 현재 문제에서 전략을 선택할 때 직전에 실행했던 전략이 여전히 높은 활성화 상태에 있고 또 활용 가능성이 더 높아서 발생할 수 있는 결과임을 보여준 Ardiale와 Lemaire(2012)의 연구와 일치한 것이었다. 그 반면에 연습 여부와 문제 유형의 상호작용은 유의하지 않았다. 집단 간에 동질 및 이질 문제에서 전략 전환 유형이 유사하게 나타났다음을 의미한다. 두 집단 모두 이질 문제보다 동질 문제에서 전략 전환을 더 잘한 것이었다.

둘째, 최선의 전략을 선택한 후 실행에 걸린 시간을 측정하였다. 연습집단의 노인이 비연습집단의 노인보다 특히, 단서 전략이 일치하지 않을 때 더 빠르게 전략을 전환하여 올바른 전략을 선택하였다. 이는 연습집단의 노인이 단서 전략을 실행한 후에도 당시 선택한 단서 전략이 최선이 아님을 깨닫고 빠르게 전환할 수 있는 능력이 향상되었음을 의미한다. 또 연습집단의 노인이 비연습집단의 노인보다 이질 문제에 대한 반응시간이 더 빨랐다. 문제 유형에 따라 집단 간 반응시간의 차이는 비연습집단의 노인이 동질 문제보다 이질 문제에서 최선의 전략을 선택할 때 어려움을 더 많이 겪으면서 나타난 것이었다(Talillan et al., 2015). 동질 문제는 두 수의 1의 자릿수가 모두 5보다 크거나 모두 5보다 작고, 이질 문제는 두 수 중 하나는 1의 자릿수가 5보다 크지만, 다른 한 수는 1의 자릿수가 5보다 작기

때문에 빠른 시간 이내에 최선의 전략을 선택하기가 쉽지 않았을 것이다. 그렇지만 연습집단의 노인은 연습을 통해 이질 문제의 경우에도 최선의 전략을 빠르게 선택할 수 있었다. 결과적으로 연습집단은 동질 문제와 이질 문제의 반응시간 차이가 거의 나타나지 않았다. 이는 모두 세 차례 연습을 통해 문제의 특성을 빠르게 파악하고 최선의 전략을 선택하는 속도가 빨라졌음을 시사한다.

셋째, 연습집단은 단서 전략이 일치하는 조건과 일치하지 않는 조건 모두에서 오류가 거의 나타나지 않았다. 이는 문제를 해결하는 동안 전략의 전환에 상당한 시간이 걸리고, 일부 비용이 발생할 수 있지만, 전략 전환은 더 정확한 추정치와 관련되어야 한다는 Ardiale와 Lemaire(2012)의 연구를 지지하는 결과이다. 즉, 연습집단은 비연습집단보다 불일치 조건에서 더 잘 전환하였고, 이것이 낮은 오류율로 이어졌다. 그 반면에 비연습집단은 단서가 일치하지 않는 조건에서 오류율이 상당히 높았다. 또 연습집단은 비연습집단보다 이질 문제에서 오류율이 더 낮았다. 이는 전략 선택 반응시간의 결과와도 유사한데, 연습집단 노인의 경우 연습을 통해 고난도 문제에 대한 해결 능력이 향상되었음을 의미한다. 연습집단은 특히, 단서 전략이 불일치함과 동시에 문제 유형이 이질 문제일 때 비연습집단보다 오류율이 유의하게 낮았다. 연습집단 노인이 비연습집단 노인보다 최선의 전략을 더 정확하게 선택하면서 실행하였음을 의미한다.

지금까지 집행기능의 노화가 노인들의 과제 수행에서 전략적 측면에 영향을 미치지만,

연습을 통해 수행이 향상됨을 확인하였다. 이와 관련하여 본 연구에서 부수적으로 알아보고자 한 내용은 전략 전환비용에 관한 것이다. 일단 전략이 촉발되고 부분적으로 실행되면, 다른 (또는 같은) 전략으로 문제를 해결해야 할 때 인지 시스템을 재구성해야 한다. 다시 말하면, 전략을 실행하게 되면 전략을 전환하기 위해 참가자는 현재 실행 중인 전략에서 벗어나서 (또는 현재 전략의 활성화된 절차를 억제하여) 다른 전략을 작업기억에서 사용할 수 있게 하거나 선택된 전략의 절차를 활성화해야 한다. 전환 시행에서 필요한 추가 시간은 이러한 재구성 과정의 지속 시간으로 해석할 수 있다(Ardiale, Hodzik, & Lemaire, 2012). 즉, 연습집단의 노인이 비연습집단의 노인보다 단서 전략 불일치 조건에서 직전에 실행했던 전략에서 벗어나 올바른 전략으로 전환하기까지 걸린 시간이 짧았던 점을 볼 때 재구성 과정이 제대로 작동한 것으로 보인다.

문제 유형에 따른 전략 전환 및 전략 선택에 대하여 살펴보면, 노인은 동질 문제보다 이질 문제의 실행이 더 어렵고, 더 많은 자원이 필요하다(Hinault & Lemaire, 2016). 이를 처리 자원론 관점에서 보면, 노인들은 단서 전략이 최선의 전략인지 아닌지를 평가하기 위해 단서 전략을 실행한 후 전략을 전환하기 위한 충분한 인지 자원을 보유하지 못하기 때문이다. 또 억제론 관점에서 보면, 노인은 다른 것을 활성화하기 위해 방금 실행한 전략에서 벗어나기 어렵기 때문이다.

결론적으로, 본 연구는 나이 증가에 따른 정상적인 인지기능 저하에 대한 대처방안으로

써 연습을 통해 인지기능을 유지 및 향상할 수 있음을 보였다. 집행기능의 노화로 인하여 한정된 인지적 자원에도 불구하고 연습 및 훈련을 통해 문제해결 시 필요한 인지적 자원의 양을 줄임으로써 인지기능의 유지 및 회복을 확인했다는 점에서 본 연구의 가치가 작지 않다. 그러나 본 연구의 결과를 일반화하기 위해서는 몇 가지 제한점을 고려해야 하며, 이를 보완해줄 수 있는 후속 연구 방향 두 가지를 다음과 같이 제언한다. 첫째, 본 연구에서 설정한 연습 기간이 비교적 짧았으며, 연습을 마친 직후에 검사를 실시하였기에 연습효과가 어느 정도 지속되는지를 확인하기가 어려웠다. 추후 연구에서는 장기간의 연습을 통해 연습효과가 얼마나 지속되는지 일정한 기간이 지난 시점에 측정해보는 것을 추천한다. 둘째, 신경생리학적 혹은 뇌영상 연구 방법을 채택한 연구가 시도될 수 있다면, 연습이나 훈련에 의한 신경 연결성의 변화 양상을 행동 척도와 직접 비교해 볼 수 있는 기회가 될 것이다. 전두엽과 두정엽 등에서 얻은 뇌 영상 자료를 통해 뇌 변화와 활성화 정도를 분석하여 유의미한 결과를 얻는다면, 집행기능의 노화에도 불구하고 연습과 반복 훈련을 통한 뇌 가소성 증가로 전두엽 기능의 저하를 늦출 수 있음을 좀 더 과학적인 증거를 통해 보장할 수 있을 것이다.

Conflicts of interest

The Authors declare no conflicts of interest

References

- Ardiale, E., & Lemaire, P. (2012). Within-item strategy switching: An age comparative study in adults. *Psychology and Aging, 27* (4), 1138-1151.
- Ardiale, E., Hodzik, S., & Lemaire, P. (2012). Aging and strategy switch costs: A study in arithmetic problem solving. *L'Année Psychologique, 112* (3), 345-360.
- Belleville, S., Rouleau, N., & Van der Linden, M. (2006). Use of the Hayling task to measure inhibition of prepotent responses in normal aging and Alzheimer's disease. *Brain and Cognition, 62* (2), 113-119.
- Calero, M., & Navarro, E. (2004). Relationship between plasticity, mild cognitive impairment and cognitive decline. *Archives of Clinical Neuropsychology, 19* (5), 653-660.
- Dorbath, L., Hasselhorn, M., & Titz, C. (2011). Aging and executive functioning: A training study on focus-switching. *Frontiers in Psychology, 2* [doi: 10.3389/fpsyg.2011.00257].
- Dorbath, L., Hasselhorn, M., & Titz, C. (2013). Effects of education on executive functioning and its trainability. *Educational Gerontology, 39* (5), 314-325.
- Duff, K., Lyketsos, C., Beglinger, L., Chelune, G., Moser, D., Arndt, S., & McCaffrey, R. (2011). Practice effects predict cognitive outcome in amnesic mild cognitive impairment. *The American Journal of Geriatric Psychiatry, 19* (11), 932-939.
- Falletti, M., Maruff, P., Collie, A., & Darby, D. (2006). Practice effects associated with the repeated assessment of cognitive function using the CogState battery at 10-minute, one week and one month test-retest intervals. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 28* (7), 1095-1112.
- Geurten, M., & Lemaire, P. (2017). Age-related differences in strategic monitoring during arithmetic problem solving. *Acta Psychologica, 180*, 105-116.
- Geurten, M., & Lemaire, P. (2019). Metacognition for strategy selection during arithmetic problem-solving in young and older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 26* (3), 424-446.
- Giogkarakis, E., Michaelides, M., & Constantinidou, F. (2013). The role of cognitive reserve in cognitive aging: Results from the neurocognitive study on aging. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 35* (10), 1024-1035.
- Hasher, L., Stoltzfus, E., Zacks, R., & Rypma, B. (1991). Age and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 17* (1), 163-169.
- Hinault, T., & Lemaire, P. (2016). What does EEG tell us about arithmetic strategies? A review. *International Journal of Psychophysiology, 106*, 115-126.
- Hodzik, S., & Lemaire, P. (2011). Inhibition

- and shifting capacities mediate adults' age-related differences in strategy selection and repertoire. *Acta Psychologica*, 137 (3), 335-344.
- Imbo, I., & Vandierendonck, A. (2008). Effects of problem size, operation, and working-memory span on simple-arithmetic strategies: Differences between children and adults? *Psychological Research*, 72 (3), 331-346.
- Ji, H., Jahng, S., & Kang, Y. (2020). Moderating effects of demographic variables on the relationship between cognitive functions and instrumental activities of daily living. *The Korean Journal of Health Psychology*, 25 (3), 443-465.
- Kang, Y., Na, D., & Hahn, S. (1997). A validity study on the Korean Mini-Mental State Examination (K-MMSE) in dementia patients. *Journal of the Korean Neurological Association*, 15 (2), 300-308.
- Kim, H., & Kim, S. (2013). Development of Short Form of the Korean version - the Boston Naming Test (K-BNT) based on item response theory. *Journal of the Korea Contents Association*, 13 (12), 321-327.
- Kray, J., Li, K., & Lindenberger, U. (2002). Age-related changes in task-switching components: The role of task uncertainty. *Brain and Cognition*, 49 (3), 363-381.
- Lemaire, P. (2010). Executive functions and strategic aspects of arithmetic performance: The case of adults' and children's arithmetic. *Psychologica Belgica*, 50 (3/4), 335-352.
- Lemaire, P., & Arnaud, L. (2008). Young and older adults' strategies in complex arithmetic. *The American Journal of Psychology*, 121, 1-16.
- Lemaire, P., & Lecacheur, M. (2010). Strategy switch costs in arithmetic problem solving. *Memory & Cognition*, 38 (3), 322-332.
- Lemaire, P., & Reder, L. (1999). What affects strategy selection in arithmetic? The example of parity and five effects on product verification. *Memory & Cognition*, 27 (2), 364-382.
- Lemaire, P., & Siegler, R. (1995). Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 83-97.
- Linari, I., Juantorena, G., Ibanez, A., Petroni, A., & Kamienkowski, J. (2022). Unveiling Trail Making Test: Visual and manual trajectories indexing multiple executive processes. *Scientific Reports*, 12, 1-15.
- Machulda, M., Pankratz, V., Christianson, T., Ivnik, R., Mielke, M., Roberts, R., et al. (2013). Practice effects and longitudinal cognitive change in normal aging vs. incident mild cognitive impairment and dementia in the Mayo Clinic Study of Aging. *The Clinical Neuropsychologist*, 27 (8), 1247-1264.
- Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., Howerter, A., & Wager, T. (2000). The

- unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Nieto, M., Romero, D., Ros, L., Zabala, C., Martínez, M., Ricarte, J., et al. (2020). Differences in coping strategies between young and older adults: The role of executive functions. *The International Journal of Aging and Human Development*, 90 (1), 28-49.
- Parkin, A., & Java, R. (1999). Deterioration of frontal lobe function in normal aging: Influences of fluid intelligence versus perceptual speed. *Neuropsychology*, 13 (4), 539-545.
- Potter, L., & Grealy, M. (2008). Aging and inhibition of a prepotent motor response during an ongoing action. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 15 (2), 232-255.
- Reimers, S., & Maylor, E. (2005). Task switching across the life span: Effects of age on general and specific switch costs. *Developmental Psychology*, 41 (4), 661-671.
- Rush, B., Barch, D., & Braver, T. (2006). Accounting for cognitive aging: Context processing, inhibition or processing speed? *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13 (3/4), 588-610.
- Salthouse, T., & Coon, V. (1994). Interpretation of differential deficits: The case of aging and mental arithmetic. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20 (5), 1172-1182.
- Sandberg, P., & Neely, A. (2016). Long-term effects of executive process training in young and old adults. *Neuropsychological Rehabilitation*, 26 (5/6), 761-782.
- Seo, J., Kim, H., Yeo, J., Byun, E., & Chung, S. (2012). Executive function in attention-deficit/hyperactivity disorder: Relationship of comprehensive attention, Stroop color-word, children;s color trails, and Wisconsin card sorting tests. *Journal of the Korean Neuropsychiatric Association*, 51, 59-69.
- Neuropsychiatric
- Siegler, R., & Araya, R. (2005). A computational model of conscious and unconscious strategy discovery. *Advances in Child Development and Behavior*, 33, 1-42.
- Taillan, J., Ardiale, E., & Lemaire, P. (2015). Relationships between strategy switching and strategy switch costs in young and older adults: A study in arithmetic problem solving. *Experimental Aging Research*, 41 (2), 136-156.
- Wecker, N., Kramer, J., Hallam, B., & Delis, D. (2005). Mental flexibility: Age effects on switching. *Neuropsychology*, 19 (3), 345-352.

Received: June 30, 2023

Revised (first form): July 21, 2023

Revised (final form): July 25, 2023

Accepted: July 31, 2023