

정상노화 과정에 따른 일화기억 하위요소의 변화양상에 관한 연구 : 사물, 공간위치, 시간순서 기억을 중심으로

허서운*, 박진혁**

*경북대학교 작업치료과

**순천향대학교 의료과학대학 작업치료학과

— 국문초록 —

목적 : 본 연구는 정상노화 과정에 따른 일화기억 저하 양상을 일화기억의 하위요소인 사물, 공간위치, 시간순서 기억을 중심으로 파악하고자 하였다.

연구방법 : 20대부터 80대 이상까지의 건강한 젊은 성인과 노인 77명이 본 연구에 참여하였으며, 일화기억을 평가하기 위한 컴퓨터 인지과제를 수행하였다. 인지과제는 사물, 공간위치, 시간순서 기억을 각각 평가하기 위한 세 가지 항목으로 구성되어 있었으며, 주변에서 흔하게 볼 수 있는 사진 10장을 이용하여 검사를 진행하였다. 사진 10장을 본 이후에 사진 속의 사물의 종류, 사물의 위치, 사진이 제시된 순서를 물어보는 과정을 통해 평가를 진행하였으며, 각 하위검사의 정답률을 연령대별로 분석하였다.

결과 : 연구 결과, 사물과 공간위치 기억은 정상노화에 큰 영향을 받지 않는 반면, 시간순서 기억은 정상노화 과정 속에서 큰 폭으로 저하되는 것을 알 수 있었다. 세부적으로 살펴보면 시간순서 기억은 40대 이상부터 20~30대에 비해 유의한 저하가 발생하는 것을 관찰할 수 있었고 80대 이후에는 사물 기억이 가장 높은 것으로 확인되었다. 즉 정상노화 과정에 따라 시간순서 기억이 가장 먼저 감소되고 사물 기억이 가장 마지막에 저하되는 것을 확인하였다.

결론 : 본 연구는 정상노화 과정에 따른 일화기억의 하위요소별 저하 양상을 제시하였다. 사물 기억에 초점을 맞춘 기존의 신경심리학적 검사들을 통해 제한적으로 확인하였던 공간위치와 시간순서 기억의 저하 양상을 세부적으로 확인할 수 있었다. 본 연구 결과는 정상노화에 따른 일화기억의 저하에서 벗어난 일화기억의 손상을 선별하는데 도움이 될 것이며, 정상노인에게 시행되는 예방적인 인지 중재에 공간위치와 시간순서 기억의 훈련이 포함되어야 할 근거를 제시한다.

주제어 : 인지저하, 일화기억, 정상노화

I. 서론

일화기억(episodic memory)은 개인이 경험한 사건의

내용을 시간과 장소의 맥락 속에서 떠올리는 것을 의미하며 사물, 장소, 시간 정보에 대한 기억으로 구성된다 (Tulving, 1993). 지금까지의 많은 연구들을 통해 일화기

교신저자: 박진혁(roophy@naver.com)

접수일: 2019년 6월 10일 심사일: 2019년 7월 20일 게재승인일: 2019년 8월 22일

역의 등록 및 인출과정은 안쪽관자엽과 이마앞엽 기능이 담당하는 것으로 보고되었다(Eichenbaum, 2017; Piolino et al., 2010). 실제로 기능적 자기공명영상을 사용하여 안쪽관자엽과 이마앞엽을 관찰하였을 때, 일화기억을 떠올리는 순간 이 두 가지 서로 다른 영역이 더욱 활성화되는 것을 알 수 있고 이는 이 두 부위가 서로 상호작용 한다는 것을 시사한다(Eichenbaum, 2017).

한편, 정상노화 과정은 해부학적인 구조의 변화와 뇌 기능 감퇴를 초래하는데(Wang, Daselaar, & Cabeza, 2017), 이로 인해 노인은 젊은 성인에 비해 일화기억이 저하를 보이기도 한다(Kessels, Boekhorst, & Postma, 2007). 정상노화 과정에 따른 일화기억의 저하를 살펴본 연구의 대부분은 일정한 개수의 단어를 불러주고 시간이 지난 뒤 다시 회상하는 방식으로 사물에 대한 기억만을 주로 평가하고 있었다(Hoffman, Beran, & Washburn, 2009). 하지만 노인은 젊은 성인에 비해 사물에 대한 기억은 비교적 잘 보존이 되는 반면, 장소와 시간 정보에 대한 기억은 저하된다는 근거가 제시되고 있고 이는 사물 외에도 일화기억의 다른 하위 기억에 대한 평가도 필요하다는 것을 시사한다(Kessels et al., 2007).

Kessels 등(2007)은 노인들에게 모니터 화면 속 이차원 공간에서 사물을 무작위 위치로 제시하고 그 위치를 기억하라고 하였을 때, 젊은 성인에 비해 낮은 수행도를 보였다. 또한 Plancher, Gyselinck, Nicolas와 Piolino(2010)는 가상현실 속 도시 거리를 지나가도록 한 뒤 이동하면서 보았던 건물의 위치를 물어보는 방식으로 장소 기억을 평가하기도 하였다. 그 결과, 치매 노인뿐만 아니라 건강한 노인도 젊은 성인에 비해 장소 기억이 저하됨을 나타냈다. 한편, 장소 기억 저하와 더불어 정상노화 과정에 따른 시간 기억 저하를 보고한 연구들도 있었다(Babb & Johnson, 2011; Cabeza, Anderson, Houle, Mangels, & Nyberg, 2000). 특히 Cabeza 등(2000)은 노인들이 시간 정보에 대한 기억을 떠올릴 때 이마앞엽 활성도가 젊은 성인에 비해 낮음을 보고하여 이마앞엽 기능이 시간 기억의 저하와 관련 있음을 보고하였다. 이와 같은 결과들을 종합하였을 때, 사물 기억뿐만 아니라 장소와 시간 정보에 대한 기억도 정상노화에 취약하다는 것을 알 수 있다.

비록 위 연구결과들은 정상노화 과정에 따른 일화기억 하위요소들의 저하 양상을 파악하는데 도움은 되지만 결과의 생태학적 타당도가 떨어지는 측면이 있다. 왜냐하면 대부분의 연구들에서 일화기억을 평가하기 위해 사용

한 신경심리학적 검사 및 전산화 검사는 장소 또는 시간에 대한 기억만을 단독으로 평가하기 위한 것으로 실생활 속의 일화기억과는 거리가 있다(Kessels et al., 2007). 실제로 일화기억은 단 한 번의 경험으로 형성(one shot learning)되는 것으로 장소나 시간에 대한 정보를 나누어서 일화기억을 형성하지 않는다(Tulving, 1993). 결과적으로 신경심리학적 검사 및 전산화 검사로 측정된 노인들의 일화기억은 일상생활 속에서 보이는 양상과는 다를 수 있다는 것을 시사하고 실제로 전통적인 신경심리학적 검사를 통해 평가하는 일화기억과 일상생활 속의 일화기억 사이의 상관관계가 낮다고 연구들도 있다(Reid & MacLulich, 2006).

따라서 최근에는 일화기억 검사 결과의 생태학적 타당도를 확보하기 대상자가 실제로 경험한 내용을 바탕으로 일화기억의 하위요소를 한 번에 모두 평가하는 방식으로 연구가 진행되고 있다(Plancher et al., 2010; Pflueger, Stieglitz, Lemoine, & Leyhe, 2018). 이와 같은 평가방법은 실제 일상생활에서 보이는 일화기억의 양상을 최대한 가깝게 확인할 수 있는 장점이 있다(Plancher, Tirad, Gyselinck, Nicolas, & Piolino, 2012). 하지만 이런 방식을 가진 일화기억의 평가는 치매 노인 및 경도인지장애 노인의 일화기억 저하를 확인하기 위한 연구에서 대부분 사용된 것으로 정상노화 과정에 따른 일화기억의 저하를 관찰한 연구는 제한적이다(Plancher et al., 2012). 따라서 정상노화 과정으로 저하되는 일화기억의 하위요소별 저하 양상을 확인하고 정상노화 과정에 따른 일화기억의 저하에서 벗어나 일화기억의 손상이 나타나는 경우 중재에 활용하기 위해서 일화기억의 하위요소별 저하 양상을 관찰할 필요가 있다(Hoffman et al., 2009).

그러므로 본 연구에서는 행동학적인 과제를 사용하여 20대부터 80대까지 젊은 성인과 노인의 일화기억을 평가하여 정상노화 과정에 따른 일화기억 하위요소별 저하 양상을 관찰하였다. 본 연구에서는 정상노화 과정에 따라 사물 기억보다는 장소와 시간 정보에 대한 기억이 더 크게 저하될 것이라는 가설을 설정하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 K대학교 생명윤리위원회(Institutional Review

Board, KH2017-91) 승인 후 수행되었다. 연구 수행을 위해 20대부터 80대까지의 건강한 젊은 성인 및 노인 77명이 본 연구에 참여하였다. 대상자 모집은 대상자가 거주하는 지역사회에서 이루어졌다. 연구 전 대상자에게 연구의 방법과 목적에 대해 설명을 하였고 연구 참여에 대한 동의를 얻었다. 대상자 선정 시 노화 외에 다른 요인들이 인지기능에 미치는 효과를 최소화하기 위해 특정 질환이나 우울증상의 유무를 확인하였다. 본 연구의 대상자 선정기준은 다음과 같으며, 대상자 선정 시 사용한 평가는 각 연구자가 직접 시행하였다.

1) 선정기준

- (1) 한국판 간이정신상태 검사(Korean version of Mini-Mental Status Examination; MMSE-K) 점수가 24점 이상으로 인지기능 저하가 없는 자
- (2) 신경학적 또는 정신학적 질환이 없는 자
- (3) 벡 우울 척도(Beck Depression Inventory; BDI) 점수가 9점 이하로 우울증상이 없는 자
- (4) 본 연구 참여에 동의한 자

2) 배제기준

- (1) 컴퓨터 사용에 거부감이 있는 자
- (2) 시력 저하로 컴퓨터 화면 속 사물을 알아보지 못하는 자
- (3) 인지기능 개선을 위해 약을 복용하고 있는 자

2. 연구 설계

모든 대상자는 1회 평가만을 실시하였고, 평가는 외부의 간섭을 최대한 통제할 수 있는 조용한 공간에서 컴퓨터를 이용하여 진행하였다. 본 연구에서 사용한 일화기억 평가는 전산화 방식으로 컴퓨터에 익숙하지 않은 대상자의 경우 키보드 사용법을 충분히 숙지하도록 시간을 제공하여 정확한 응답을 할 수 있도록 하였다. 평가는 3년 이상의 임상경력을 가진 2명의 작업치료사가 실시

였으며, 연구 진행 전 평가에 대한 매뉴얼을 공유한 뒤 평가를 충분히 연습하여 평가 진행에 오류가 발생하지 않도록 하였다. 1회 평가에는 약 15분 정도 소요되었다.

3. 연구 도구

일화기억을 평가하기 위한 전산화 프로그램은 OpenSesame(OpenSesame Inc, OR)를 이용하여 개발하였으며, 프로그램에 사용된 시각적 자극은 iPhone 6S(Apple, CA)를 이용하여 촬영한 4,032×3,024 해상도를 가진 사진으로 구성되었다.

프로그램은 일화기억의 각 하위요소인 사물(object), 공간위치(spatial location), 시간순서(temporal order) 정보에 대한 기억을 모두 평가하기 위한 3개의 하위 검사로 이루어져 있으며, 각 하위 검사에서는 10개씩 문제를 제시한다. 각 하위 검사에서 문제를 풀기 전 동일한 10개의 사진을 3초씩 대상자에게 제시하여 기억하도록 하고 이때 각 하위 검사의 순서는 대상자별로 무작위로 제공되기 때문에 대상자는 어떤 하위 검사가 시행될 지 사전에 알지 못하였다(Figure 1).

사물 기억 검사에서는 앞서 본 사진에서 특정 사물이 하나 제거된 사진과 함께 제거된 물건과 제거된 물건과 유사하나 다른 물건을 보여주는 10개의 문제가 출제된다(Figure 2A). 이때 대상자에게 이전에 보았던 사진에서 어떤 물건의 사라졌는지 응답하도록 한다. 공간위치 기억 검사에서는 앞서 본 사진과 함께 특정 사물의 위치가 원래의 위치와는 다르게 이동된 사진을 제시하는 10개의 문제가 출제된다(Figure 2B). 이때 대상자에게 이전에 보았던 사진이 무엇인지 응답하도록 한다. 단 공간위치 기억에 문제로 제시되는 이동된 사물은 사물 기억 검사와는 다른 사물로 구성되기 때문에 사물 기억의 검사가 공간위치 기억 검사에 미치는 영향을 최소화하였다. 마지막으로 시간순서 기억 검사에서는 10개의 사진 중 2개를 제시하고 어느 사진이 더 먼저 나왔는지 사진의 제시 순서를 고르도록 하였다(Figure 2C).

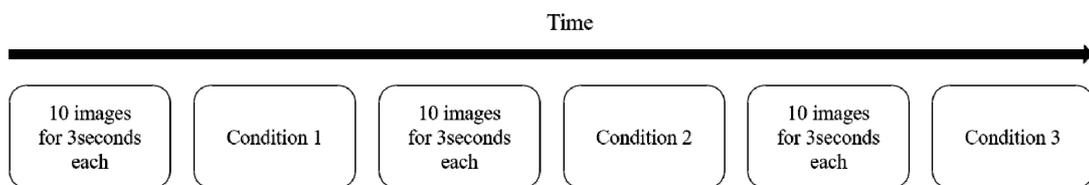
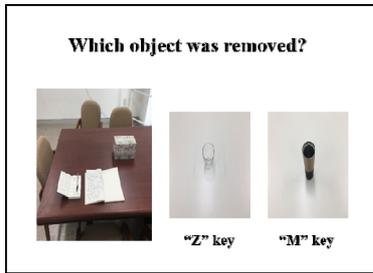
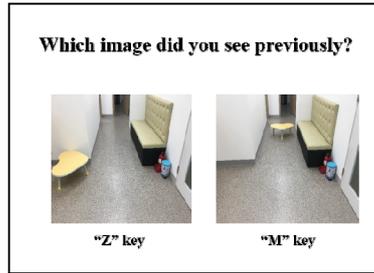


Figure 1. Block design of the task. 10 images were displayed in the three conditions

2A. Object memory condition



2B. Spatial location memory condition



2C. Temporal order memory condition

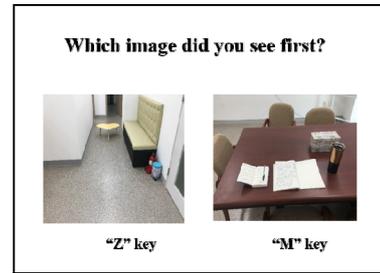


Figure 2. A: the example of object memory condition, B: the example of spatial location memory condition, C: the example of temporal order memory.

각 하위 검사의 문제에 사용된 사진은 모두 삼각대를 이용하여 촬영되었기 때문에 최대한 사진의 동질성을 확보하여 사진의 구도가 대상자의 응답에 미치는 영향을 최소화하였다.

3개의 하위 검사 모두 대상자가 응답은 왼쪽이 정답일 경우 키보드의 Z 버튼을 누르도록 하였고 오른쪽이 정답일 경우 키보드의 M 버튼을 누르도록 하였다. 응답하는데 제한 시간은 없었으며, 대상자의 모든 응답과 반응시간은 자동으로 컴퓨터에 저장되어 추후 분석하는데 사용하였다.

요소에 대한 정확도에 차이가 있는지 확인하기 위해 다변량 공분산분석(multivariate analysis of covariance)을 실시하였으며, 사후검정은 Sheffe 분석 방법을 이용하였다. 또한 각 하위 검사의 순서에 따른 효과(serial position effect)가 있는지 파악하기 위해 순서에 따른 각 하위 검사의 정확도에 대해 Kruskal-Wallis를 실시하였다. 모든 자료는 SPSS ver. 22.0을 사용하였으며, 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

4. 분석 방법

각 연령대별로 대상자를 분류한 뒤 Kolmogorov-Smirnov를 이용하여 자료의 정규성을 검정하였고 그 결과, 정규분포를 따르지 않아 비모수검정 방법을 이용하여 모든 자료를 분석하였다. 연령대별로 대상자의 일반적 특성을 비교하기 위해 Kruskal-Wallis와 카이제곱 검정을 실시하였다. 연령대별로 차이가 있는 일반적 특성을 공변량으로 사용하여 각 연령대별로 일화기억 하위

1. 대상자의 일반적 특성

모든 대상자를 20-39세, 40-59세, 60-79세, 80세 이상, 네 그룹으로 구분하고 성별, 교육수준, 한국판 간이정신상태검사 점수, 벡 우울 척도 점수를 비교하였다(Table 1). 비교 결과, 그룹 사이에 대상자의 성별 분포는 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 교육수준과 한국판 간이정신상태 검사 점수로 확인한 인지기능 수준은 연령이 낮을수록 높음을 알 수 있었고 그룹 사이에 유의한 차이가 있었다

Table 1. General characteristics of participants (N=77)

Characteristics	Groups				χ^2/H	
	20-39 (N=24)	40-59 (N=14)	60-79 (N=23)	80 over (N=16)		
Sex	Male	10	7	7	5	1.864
	Female	14	7	16	11	
Education periods (year)	12.00 ± 0.00	11.57 ± 1.60	8.09 ± 3.67	7.81 ± 5.08	29.062***	
MMSE-K (score)	29.75 ± .061	28.43 ± 1.09	26.78 ± 1.57	25.75 ± 1.18	50.242***	
BDI (score)	0.71 ± 1.27	0.93 ± 1.39	1.00 ± 1.38	0.63 ± 1.20	1.191	

Values are expressed as mean ± SD, *** $p < .001$

Table 2. Accuracy on the three conditions consisting of object, spatial location, and temporal order memory

Conditions	Groups				F
	20-39 ^a (N=24)	40-59 ^b (N=14)	60-79 ^c (N=23)	80 ^d over (N=16)	
Object memory	89.17 ± 9.29	86.43 ± 10.08	81.74 ± 8.34	78.13 ± 11.67	1.615
Spatial temporal memory	85.00 ± 8.45	80.71 ± 11.41	73.04 ± 14.60	70.00 ± 7.30	1.775
Temporal order memory	74.17 ± 10.60	61.43 ± 8.64	61.30 ± 16.60	59.38 ± 11.24	3.440* a>b,c,d

Values are expressed as mean ± SD, *p<.05

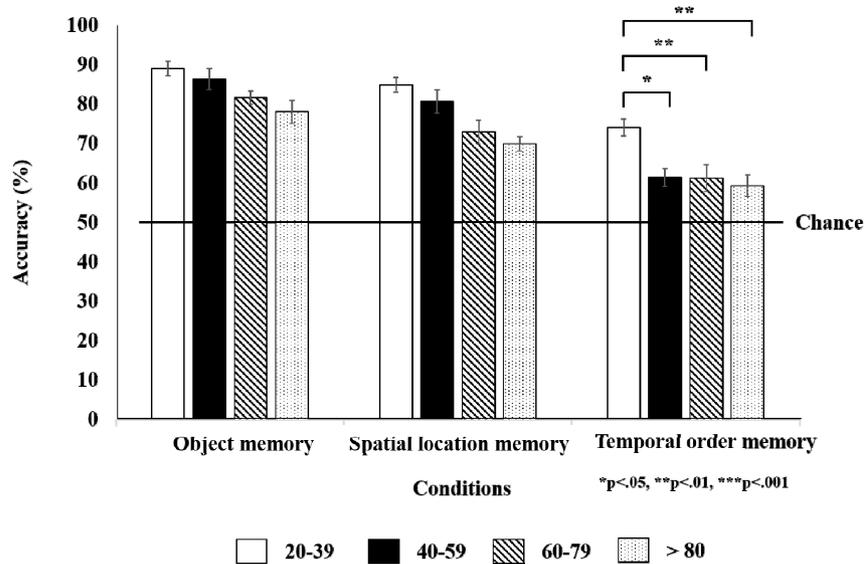


Figure 3. Comparison of accuracy on the three conditions by normal aging

($p < .05$). 백 우열척도로 알아본 우울정도는 그룹 사이에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p > .05$).

2. 정상노화 과정에 따른 일화기억의 변화

대상자의 교육수준과 MMSE-K 점수에 유의한 차이가 있었으므로, 두 변수를 공변량으로 하여 네 그룹 사이에 일화기억 하위요소의 정확도에 차이가 있는지 분석하였다. 그 결과, 사물 기억과 공간위치 기억에는 연령에 따른 차이가 없었으나 시간순서 기억에는 연령에 따른 유의한 차이가 나타났다(What: $F_{(3,73)}=1.615, p > .05$; Where: $F_{(3,73)}=1.775, p > .05$; When: $F_{(3,73)}=3.440, p < .06$)(Table 2). 사후분석 결과, 시간 기억(When)은 20-39세가 나머지 모든 그룹보다 유의하게 높았다(Table 2)(Figure 3). 시각적으로 결과를 분석하였을 때, 정상노화 과정에 따라

사물 기억과 공간위치 기억은 서서히 감소되는 반면, 시간순서 기억은 20-30대 이후 큰 폭으로 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 사물 기억은 공간위치 기억과 시간순서 기억에 비해 80대 이후에도 높은 수준을 보여 노화가 진행되어도 비교적 보존된다는 것을 알 수 있었다. 한편, 공간위치 기억은 60대부터 감되는 반면 시간순서 기억은 40대부터 감소되어 장소보다 시간 정보에 대한 기억이 더 조기에 저하되는 것을 알 수 있었다.

한편, 대상자가 우연히 정답을 맞혔을 가능성(50%)과 비교하였을 때, 모든 대상자의 일화기억 하위요소의 정확도는 우연히 정답을 맞혔을 가능성보다 통계적으로 높았고(Figure 3), 이는 모든 대상자가 정답을 무작위로 선택했을 경우보다 정답률이 높음을 의미하며, 즉 80대 이상이 되어도 모든 기억은 일정 수준 이상을 유지한다는 것을 의미한다.

Table 3. Serial position effects on the three conditions

Conditions	Order			H
	1 st	2 nd	3 rd	
Object memory	85.00 ± 12.73	83.33 ± 10.38	81.67 ± 9.63	2.251
Spatial location memory	79.64 ± 10.71	76.15 ± 12.99	75.22 ± 15.04	2.046
Temporal order memory	69.13 ± 12.76	63.75 ± 11.35	63.33 ± 15.61	2.794

Values are expressed as mean ± SD

3. 검사 순서에 따른 효과

세 개의 하위검사 중 마지막에 실시되는 하위 검사는 나머지 검사보다 10개의 시각적 자극에 노출되는 빈도가 높기 때문에 정확도가 높아질 가능성이 있어 순서에 따른 효과가 있는지 분석하였다. 첫 번째, 두 번째, 세 번째로 시행되었을 때의 정확도를 각각 비교분석한 결과, 순서에 따른 유의한 효과가 없는 것으로 나타났다(Table 3).

IV. 고찰

본 연구에서는 정상노화 과정에 따른 일화기억 하위요소의 저하를 관찰하기 위해 20대부터 80대까지 건강한 젊은 성인 및 노인을 대상으로 사물, 공간위치, 시간순서 기억의 정확도를 측정하였다. 연구 결과, 정상노화 과정에 따라 일화기억 하위요소 모두 감소되는 것을 알 수 있었으며, 세부적으로 살펴보았을 때 시간순서, 공간위치, 사물 기억 순으로 노화에 보다 큰 영향을 받음을 알 수 있었고 특히 시간순서 기억은 40대부터 큰 폭으로 감소되는 것을 확인하였다.

일화기억의 저하는 안쪽관자엽의 위축을 동반한 알츠하이머 치매의 가장 뚜렷한 특징 중 하나이기 때문에 임상에서 알츠하이머 치매 환자의 일화기억의 하위요소에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다(Plancher et al., 2012). 반면, 정상노화 과정에 따른 일화기억 하위요소의 저하는 비교적 많이 연구되지 않았는데(Kessels et al., 2007), 이는 기존에 일화기억의 하위요소 중 사물 기억만을 평가하는 신경심리학적 검사를 사용함으로써 정상노화 과정에 따른 일화기억의 저하를 뚜렷하게 밝혀내지 못하였기 때문이다(Hoffman et al., 2009). 실제로 일화기억의 다양한 요소에 대해 검사를 실시한 선행연구에서는 사물 기억보다는 장소와 시간 정보에 대한 기억이 정상노화 과정에 큰 영향을 받는다고 보고하였다(Babb &

Johnson, 2011; Cabeza et al., 2000; Kessels et al., 2007, Plancher et al., 2010). 따라서 정상노화 과정에 따른 일화기억의 저하를 살펴보기 위해선 일화기억 검사에 이와 같은 세부 하위요소를 모두 포함해야 함을 시사한다.

기존의 신경심리학적 검사가 지니고 있는 제한점들을 극복하고자 본 연구에서는 사물 기억과 더불어 장소와 시간 정보에 대한 기억을 평가할 수 있는 인지과제를 실시하여 일화기억을 평가하였다. 그 결과, 일화기억 하위요소 모두 정상노화 과정에 따라 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 노화가 진행됨에 따라 뇌의 해부학적인 구조 변화와 함께 인지기능 저하가 나타나는데 그 중에서도 정상노화 과정에 가장 큰 영향을 받는 기능이 기억력이다(Wang et al., 2017). 한편, 기억의 분류 체계에 따라 노화에 따른 저하 양상은 다르게 나타나는데(Angel et al., 2010), 의미기억, 단기기억, 절차기억은 정상노화에 큰 영향을 받지 않은 반면(Brickman & Stern, 2009; Kennedy et al., 2015), 일화기억은 정상노화에 과정에 따라 저하될 수 있다(Wang et al., 2017). 왜냐하면 일화기억은 다른 기억 체계와는 다르게 대뇌의 여러 영역이 상호작용하는 과정 속에서 형성되는 기억이므로 다른 기억보다 대뇌의 위축에 가장 크게 영향을 받기 때문이다(Kramer et al., 2005). 실제로 건강한 노인은 건강한 젊은 성인에 비해 대뇌 백색질과 회색질의 부피 감소, 뉴런 시냅스 수의 감소 등의 이유로 대뇌의 위축을 보이는데 그 중에서도 이마옆의 뚜렷한 위축은 일화기억 저하의 주요한 요인이 된다(Kramer et al., 2005).

한편, 흥미롭게도 일화기억의 저하 양상은 하위요소별로 차이가 있는 것으로 나타났다. 사물 기억 저하 양상을 살펴보면, 20대부터 80세 이후까지 서서히 감소되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 사물 기억은 다른 하위요소에 비해 정상노화 과정에서 큰 영향을 받지 않는다는 기존의 선행연구 결과와 일치한다(Kessels et al., 2007; Plancher et al., 2010). 이와 대조적으로 공간위치와 시간순서 기억은 사물 기억보다 더 빨리 저하되는 것

으로 확인되었다. 비록 공간위치 기억은 연령대별로 유익한 차이가 나타나지 않았지만 80대 이후 결과를 사물 기억과 비교하였을 때 더 큰 폭으로 감소되어 있음을 알 수 있었다. 특히 시간순서 기억은 40세부터 저하되기 시작하여 일화기억 하위요소 중 시간 기억이 정상노화에 가장 빠르게 영향을 받는 것으로 확인되었다. 이와 같이 하위요소별로 저하 양상에 차이가 있는 것은 비록 일화기억이 안쪽관자엽과 이마앞엽의 상호작용으로 형성되는 기억이지만 각 하위요소별 주로 담당하는 뇌 영역의 분포에 있어 차이가 있기 때문이다(Eichenbaum, 2017). 사물 기억은 뒤통수엽(Grill-Spector, Kourtzi, & Kanwisher, 2001), 공간위치 기억은 안쪽후각결절(Sasaki, Leutgeb, & Leutgeb, 2015), 마지막으로 시간순서 기억은 이마앞엽이 주로 해마와 상호작용하면서 각 기능을 담당한다(Burgess, Maguire, & O'Keefe, 2002; Scarf, Boden, Labuschagne, Gross, & Hayne, 2017). 그런데 정상노화 과정에서 가장 먼저 위축이 발생하는 부위는 이마앞엽으로, 20대 이후부터 10년에 5%씩 위축이 진행된다(Raz & Rodrigue, 2006). 그 결과 시간순서 기억이 정상노화 과정 속에서 가장 먼저 감소되며(Plancher et al., 2010), 이는 본 연구와 일치하는 부분이다. 한편, 안쪽관자엽 구조물에 해당하는 안쪽후각결절은 이마앞엽에 비해 정상노화 과정에 따라 위축되는 속도가 늦은 편이다. 안쪽관자엽 영역은 50대 이후로 매년 약 1.18% 정도의 위축이 진행되는데, 그 결과 50대 이후에 이르러서야 건강한 젊은 성인과 비교해 뚜렷한 위축이 관찰될 수 있다(Fjell et al., 2009). 따라서 안쪽관자엽 구조물에 더 많이 의존하는 공간위치 기억이 시간순서 기억보다 더 천천히 저하되며(Kessels et al., 2007; Plancher et al., 2010), 이는 본 연구 결과와 일치한다. 공간위치와 시간순서 기억에 비해 사물 기억은 80대 이상이 되어서도 비교적 높은 수준을 유지하는데(Kessels et al., 2007; Plancher et al., 2010) 이는 안쪽관자엽 구조물이 사물 기억에도 관여하지만, 뒤통수엽이 사물의 재인 및 회상에도 영향을 미치기 때문이다(Grill-Spector et al., 2001). 실제로 안쪽관자엽이 제거 수술을 받은 환자의 일화기억을 검사하였을 때, 공간위치와 시간순서 기억에는 손상이 있었지만 사물 기억에는 큰 손상이 없는 결과도 있었다(Babb & Johnson, 2011). 결론적으로 위의 결과들은 사물 기억이 정상노화에 비교적 덜 영향을 받는 반면, 공간위치와 시간순서 기억은 정상노화에 영향을 많이 받음을 시사한다.

그동안 대부분의 선행연구에서는 알츠하이머 치매 발병 이후 일화기억이 어떻게 저하되는지 초점을 두고 있었기 때문에(Bellassen, Iglói, de Souza, Dubois, & Rondi-Reig, 2012; Plancher et al., 2012) 병리학적인 증상이 일화기억에 미치는 영향은 파악할 수 있었지만 정상노화 과정이 일화기억에 미치는 영향을 이해하는데 제한이 있었다. 비록 정상노화 과정에 따른 일화기억을 살펴본 연구가 있었지만, 연구의 대부분은 사물 기억에 초점을 맞춘 신경심리학적 검사를 사용하였기 때문에 일화기억의 다른 하위요소인 장소와 시간 정보에 대한 기억의 저하를 확인하지 못하였다. 연령대별로 일화기억의 하위요소의 수준을 확인하는 것이 임상적으로 의의가 있는 것은 각 연령대별 평균 수행보다 낮은 경우 일화기억의 손상을 의심해볼 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구 결과를 활용하여 일화기억 손상을 선별하고 각 하위요소별 기억과 관련된 뇌 구조물의 건강 상태를 확인할 수 있다면 본 연구 결과가 더욱 의의가 있다고 할 수 있다. 또한 본 연구 결과는 사물 기억 향상에 초점을 맞춘 다양한 인지훈련 방식(Reijnders, van Heugten, & van Boxtel, 2013)이 정상노인에게 예방적인 증재로 사용될 때, 장소와 시간 정보에 대한 기억도 훈련할 수 있는 요소를 포함해야 함을 시사한다.

본 연구에서 사용한 인지과제는 기존에 일화기억의 각 하위요소별로 분리하여 검사를 실시한 것을 극복하기 위해 제작한 것으로 일상생활의 일화기억과 최대한 유사하게 한 번의 경험을 통해 일화기억의 모든 하위요소를 검사를 실시하였다. 기존 일화기억 검사보다는 생태학적 타당도가 높은 인지과제를 사용하였음에도 불구하고 실생활에서 일화기억은 하위요소가 모두 결합된 형태로 나타나기 때문에 여전히 본 연구의 결과와 실생활의 일화기억과는 차이가 있다(Tulving, 1993). 실제로 선행연구에서는 단일요소의 기억과 결합요소의 기억이 차이가 있음을 보고하였다(Park & Heo, 2018). 따라서 최근에는 가상현실 속에서의 경험을 통해 일화기억의 하위요소를 결합한 형태의 기억을 인출하도록 하여 일화기억을 평가하여 생태학적 타당도를 확보하려는 시도가 이루어지고 있었다(Plancher, Berra, Orriols, & Piolino, 2013; Marlon, Rolf-Dieter, Patrick, & Thomas, 2018). 그럼에도 불구하고 본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 노화뿐만 아니라 대상자의 교육수준, 거주환경, 영양상태 등 다양한 요인이 일화기억에 영향을 미칠 수 있다. 하지만 본

연구에서는 대상자의 일반적 특성을 모두 통제하지 못하여 본 연구 결과를 일반화하기에는 한계가 있다. 둘째, 본 연구에서 일화기억을 평가하기 위해 사용한 과제는 즉시 인출을 통해 일화기억에 등록에 초점을 맞추고 있었다. 실생활에서의 일화기억은 등록뿐만 아니라 인출도 중요하기 때문에 시간차를 두고 지연 회상을 시행할 필요도 있다. 따라서 추후에는 일반적인 특성이 유사한 대상자들을 대상으로 생태학적인 타당도를 높일 수 있는 환경에서 일화기억의 모든 하위요소를 통합한 검사를 실시하고 일화기억의 등록 및 인출 과정을 모두 평가하여 정상노화 과정에 따른 일화기억의 저하 양상을 종합적으로 파악할 필요가 있다.

V. 결론

본 연구에서는 정상노화에 따른 일화기억의 저하를 하위요소별로 파악하였다. 20대부터 80대 이상까지의 대상자가 본 연구에 참여하였으며, 연구 결과 사물 기억이 정상노화 과정에서 가장 늦게 저하되는 것을 확인하였다. 반면, 공간위치와 시간순서 기억은 사물 기억보다 더 빨리 저하가 나타나며 특히 시간 기억이 가장 먼저 저하되는 것을 관찰하였다. 본 연구는 기존에 임상에서 사용하는 신경심리학적 검사 결과에서 확인하지 못했던 장소와 시간 정보에 대한 기억이 정상노화 과정 속에서도 저하될 수 있음을 시사하고 이를 통해서 정상노인에게 예방적인 인지훈련을 시행할 때 사물 기억과 함께 장소와 시간 기억에 대한 훈련의 필요성을 제기했다는 부분에서 학술적 의의가 있다. 추후 일화기억의 하위요소를 통합적으로 평가하는 방법을 통해 정상노화뿐만 아니라 병리학적인 노화 과정 속에서의 일화기억의 저하 양상을 관찰될 필요가 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Soonchunhyang University Research Fund in 2019.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2019R1F1A1060719)

REFERENCES

- Angel, L., Fay, S., Bouazzaoui, B., & Isingrini, M. (2010). Individual differences in executive functioning modulate age effects on the ERP correlates of retrieval success. *Neuropsychologia* 48, 3540-3553.
- Babb, S. J., & Johnson, R. M. (2011). Object, spatial, and temporal memory: A behavioral analysis of visual scenes using a what, where, and when paradigm. *Current Psychology Letters*, 26(2), 1-12.
- Bellassen, V., Iglói, K., de Souza, L. C., Dubois, B., & Rondi-Reig, L. (2012). Temporal order memory assessed during spatiotemporal navigation as a behavioral cognitive marker for differential Alzheimer's disease diagnosis. *The Journal of Neuroscience*, 32, 1942-1952.
- Brickman, A. M., & Stern, Y. (2009). Aging and memory in humans. In Squire, L. R. (Ed.), *Encyclopedia of Neuroscience* (ed., pp.175-180). Oxford: Academic Press.
- Burgess, N., Maguire, E. A., & O'Keefe, J. (2002). The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, 35(4), 625-641.
- Cabeza, R., Anderson, N. D., Houle, S., Mangels, J. A., & Nyberg, L. (2000). Age-related differences in neural activity during item and temporal-order memory retrieval: A positron emission tomography study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(1), 197-206.
- Eichenbaum, H. (2017). Prefrontal-hippocampal interactions in episodic memory. *Nature Reviews Neuroscience*, 18, 547-558.
- Fjell, A. M., Walhovd, K. B., Fennema-Notestine, C., McEvoy, L. K., Hagler, D. J., Holland, D., ... & Dale, A. M. (2009). One-year brain atrophy evident in healthy aging. *Journal of Neuroscience*, 29(48), 15223-15231.
- Grill-Spector, K., Kourtzi, Z., & Kanwisher, N. (2001). The lateral occipital complex and its role in object recognition. *Vision Research*, 41(10-11), 1409-1422.
- Hoffman, M. L., Beran, M. J., & Washburn, D. A. (2009).

- Memory for “what”, “where”, and “when” information in rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 35(2), 143–152.
- Kennedy, K. M., Rodrigue, K. M., Bischof, G. N., Hebrank, A. C., Reuter-Lorenz, P. A., & Park, D. C. (2015). Age trajectories of functional activation under conditions of low and high processing demands: An adult lifespan fMRI study of the aging brain. *Neuroimage*, 104, 21–34.
- Kessels, R. P., Hobbel, D., & Postma, A. (2007). Aging, context memory and binding: A comparison of “what, where, and when” in younger and older adults. *International Journal of Neuroscience*, 117(6), 795–810.
- Kramer, J. H., Rosen, H. J., Du, A. T., Schuff, N., Hollnagel, C., Weiner, M. W., ... Delis, D. C. (2005). Dissociations in hippocampal and frontal contributions to episodic memory performance. *Neuropsychology*, 19, 799–805.
- Marlon, P., Rolf-Dieter, S., Patrick, L., & Thomas, L. (2018). Ecologically relevant episodic memory assessment indicates an attenuated age-related memory loss: A virtual reality study. *Neuropsychology*, 32(6), 680–689.
- Park, J. H., & Heo, S. Y. (2018). The preliminary study on effects of episodic memory training on memory and prefrontal cortex activation of the elderly with mild dementia. *The Journal of Korean Society of Cognitive Rehabilitation*, 7(2), 5–25.
- Pflueger, M. O., Stieglitz, R. D., Lemoine, P., & Leyhe, T. (2018). Ecologically relevant episodic memory assessment indicates an attenuated age-related memory loss - A virtual reality study. *Neuropsychology*, 32(6), 680–689.
- Piolino, P., Coste, C., Martinelli, P., Macé, A., Quinette, P., Guillery-Girard, B., ... Belleville, S. (2010). Reduced specificity of autobiographical memory and aging: Do the executive and feature binding functions of working memory have a role? *Neuropsychologia*, 48, 429–440.
- Plancher, G., Tirad, A., Gyselinck, V., Nicolas, S., & Piolino, P. (2012). Using virtual reality to characterize episodic memory profiles in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer’s disease: Influence of active and passive encoding. *Neuropsychologia*, 50(5), 592–602.
- Plancher, G., Berra, J., Orriols, E., & Piolino, P. (2013). The influence of action on episodic memory: A virtual reality study. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(5), 895–909.
- Plancher, G., Gyselinck, V., Nicolas, S., & Piolino, P. (2010). Age effect on components of episodic memory and feature binding: A virtual reality study. *Neuropsychology*, 24(3), 379–390.
- Raz, N., & Rodrigue, K. M. (2006). Differential aging of the brain: Patterns, cognitive correlates and modifiers. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(6), 730–748.
- Reid, L. M., & MacLulich, A. M. (2006). Subjective memory complaints and cognitive impairment in older people. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 22(5–6), 471–485.
- Reijnders, J., van Heugten, C., & van Boxtel, M. (2013). Cognitive interventions in healthy older adults and people with mild cognitive impairment: A systematic review. *Ageing Research Reviews*, 12, 263–275.
- Sasaki, T., Leutgeb, S., & Leutgeb, J. K. (2015). Spatial and memory circuits in the medial entorhinal cortex. *Current Opinion in Neurobiology*, 32, 16–23.
- Scarf, D., Boden, H., Labuschagne, L. G., Gross, J., & Hayne, H. (2017). “What’ and ”where“ was when? Memory for the temporal order of episodic events in children. *Developmental Psychobiology*, 59(8), 1039–1045.
- Tulving, E. (1993). What is episodic memory? *Current Directions in Psychological Science*, 2, 67–70.
- Wang, W. C., Daselaar, S. M., & Cabeza, R. (2017). Episodic memory decline and healthy aging. In Eichenbaum, H. (Eds.), *Memory Systems, Vol. 3 of Learning and Memory: A Comprehensive References* (2nd ed., pp.475–497). Oxford: Academic Press.

Abstract

Declines in the Components of Episodic Memory by Normal Aging Focusing on Object, Spatial Location, Temporal Order Memory

Heo, Seo-Yoon*, Ph.D., O.T., Park, Jin-Hyuck**, Ph.D., O.T.

*Dept. of Occupational Therapy, Kyungbok University

**Dept. of Occupational Therapy, College of Medical Science, Soonchunhyang University

Objective : The purpose of this technical research is to determine decline of episodic memory by normal aging focusing on object, spatial location, and temporal order memory.

Methods : We allocated seventy-seven of healthy adults from twenty to eighty years old, and performed computer-based cognitive tasks which were consisted of the object, spatial location, and temporal order memory. We used OpenSesame(OpenSesame Inc, OR), put ten pictures people normally see in their daily life, and evaluated those aspects through asking the objects types, object spatial locations, and picture temporal orders from 10 sheets of the picture.

Results : Object and spatial location memory were not affected by normal aging whereas, temporal order memory significantly decreased with normal aging. Specifically, temporal order memory for in their age of forty was significantly decreased compared with their age of twenty and object memory at their age of eighty was relatively high compared to spatial location and temporal order memory. We found out that temporal order memory worse fastest and object memory lasted longest.

Conclusion : In this study, we confirmed characteristics of declines of episodic memory consisting of object, spatial location, and temporal order memory. Notably, we could specifically identify declines of spatial location and temporal order memory with normal aging previous studies investigated on a limited basis using conventional neuropsychological assessments. These findings would be helpful to screen impairment in episodic memory by normal aging and provide an evidence that cognitive intervention for healthy older adults needs to include spatial and temporal aspect of memory.

Key words : Cognitive decline, Episodic memory, Normal aging