

<관찰>

처리수준에 따른 암묵기억과 외현기억의 신경학적 해리: ERP 연구

박 태 진[†]
전남대학교 심리학과

우연학습단계에서 처리수준을 조작한 후 단어완성(암묵기억)검사와 단서회상(외현기억)검사를 실시하면서 ERP를 측정하였다. 학습했던 표적단어로 단어조각을 완성한 비율에 있어, 외현기억과는 달리 암묵기억에서는 처리수준효과가 관찰되지 않았다. 학습한 표적단어로 완성한 시행들에 대한 ERP 분석 결과, 암묵기억에서는 자극제시 후 비교적 이른 시기에 후측영역에서 학습한 단어가 학습하지 않은 단어보다 더 높은 진폭을 보였고(ERP 반복효과) 처리수준효과는 관찰되지 않았다. 반면, 외현기억에서는 비교적 늦은 시기에 전측영역에서 ERP 반복효과가 관찰되었는데, 의미처리된 단어가 지각처리된 단어보다 더 광범위한 영역에서 반복효과를 보였다. 이러한 결과는, ERP 반복효과가 암묵적 인출과 외현적 인출의 복합체이며, 암묵기억은 비교적 초기에 일어나는 뇌의 후측영역의 활성화에 의존하지만, 외현기억은 비교적 후기에 일어나는 뇌의 전측영역의 활성화에 의존한다는 것을 시사한다.

주제어 ERP 반복효과, 암묵기억, 외현기억, 처리수준

* 이 논문은 2001년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2001-041-C00533).

[†] 교신저자 : 박 태 진, (500-757) 광주시 북구 용봉동, 전남대학교 심리학과
E-mail : tpark@chonnam.ac.kr

학습한 일화에 대해 외현기억 검사는 의도적이고 의식적인 인출을 요구하는데, 회상이나 재인 등의 기억검사가 이에 속한다. 반면 암묵기억 검사는 학습일화의 비의도적이고 무의식적인 인출을 반영하는데, 특히 암묵기억 수행이 학습 일화에 의해 촉진되는 현상을 점화효과라고 한다. 대표적인 암묵기억검사로서 단어조각완성, 지각 식별 등의 검사를 들 수 있다.

다양한 부호화조작들이 암묵기억과 외현기억 간의 해리를 유발하는 것으로 밝혀졌다. 특히 부호화단계에서 의미적으로 처리된 단어는 지각적으로 처리된 단어에 비해 더 우수한 외현기억 수행을 보이지만, 이러한 처리수준효과가 암묵기억 수행에서는 관찰되지 않는다(예, Graf & Mandler, 1984). 그밖에 부호화단계와 인출단계에서 감각 양상의 변화 그리고 부호화단계에서 생성 조작은 암묵기억과 외현기억간 해리를 일으킨다. 요약하자면, 외현기억은 부호화단계에서 이루어진 정보의 개념적 조작에는 민감하지만 지각적 조작에는 둔감한 반면, 암묵기억은 반대 양상을 보인다.

암묵기억과 외현기억의 인출기전을 밝히기 위해 많은 인지심리학적 연구들이 수행되어왔는데, 이 연구들은 정확 반응율이나 반응시간과 같은 행동 측정치를 사용하기 때문에 대뇌 각 영역의 독특한 신경학적 특성을 변별해주지 못하며, 인지적 처리과정이 종료된 후의 최종 산출을 반영하기 때문에 진행중인(on-line) 정보처리과정의 특성을 파악하는 데에 한계가 있다. 기억 인출의 시간경과 그리고 대뇌 영역에 따라 작용하는 인출기전의 특성을 밝히는데 유력한 방법 가운데 하나가 ERP(event-related potential) 연구이다. ERP는 자극 또는 사상(event)의 제시와 관련되어 일정시간 동안 나타나는 뇌의 전기적 활동을 지칭하며, 자극과 과제에 의해 촉발되는 인지과정들

의 작용을 반영한다. 대부분의 행동 측정치가 인지과정에 대해 단속적이고 지연된 정보를 제공하는데 반해, ERP는 자극제시와 관련된 대뇌활동에 대해 즉각적이고 연속적인 기록을 제공한다.

ERP가 제공하는 가장 중요한 정보는 크게 두 가지이다. 첫째, ERP는 다른 뇌 영상자료보다 더 높은 시간적 해상력을 가지고서 정보처리과정의 직접적인 시간적 측정치를 제공한다. 둘째, 두피의 여러 위치에서 동시에 ERP를 측정하여 두피상에서 ERP효과의 공간적 분포(두피 지형도)를 밝힘으로써 여러 실험조건외 자극들이 일으키는 신경활동 패턴을 비교할 수 있다. 그럼으로써 이 실험조건들과 관련된 인지과정이 기능적으로 상이한지 여부를 추론할 수 있다.

최근 많은 연구들이 ERP측정치가 다양한 기억과정을 반영한다는 사실을 밝혔다. 반복점화를 다룬 ERP연구들에 따르면, 항목이 처음 제시될 때보다 두 번째 반복될 때 ERP가 더 정적인데(Bentin & Peled, 1990; Rugg, 1990; Swick & Knight, 1997; Cycowicz, & Friedman, 1999), 이를 ERP반복효과라고 한다. ERP반복효과는 자극제시 후 약 300ms에서 시작하여 수백ms 동안 지속된다. ERP 반복효과에서 특히 중요한 ERP성분은 N400과 후기 정적 성분(LPC; late positive component)이다. N400은 자극제시 후 약 400ms에서 정점에 도달하는 부정 파로서, 의미기억에의 접근(단어 의미의 인출)과 단어식별(Bentin, 1987)을 반영한다. LPC는 자극제시 후 500ms부터 약 400ms 동안 지속되며 약 600ms에서 정점에 도달하는데, 의식적으로 수행하는 정신적 조작(Pritchard, 1981)을 반영한다. 요약하자면, N400은 자극 부호화과정과 어휘접근과정을 반영하며, LPC는 일화적 기억의 인출 과정을 반영한다(Bentin, Moscovitch, & Heth, 1992). ERP반복효과는 흔히 N400 진폭의 감소와 LPC 진폭의 증가를 포함한다.

암묵기억검사와 외현기억검사 모두에서 반복된 자극이 ERP 반복효과를 일으키지만, 이 효과가 어떤 기억과정을 반영하는지에 대해서는 논쟁이 계속되어 왔다. 암묵기억과 외현기억 각각에 의해 유발된 반복효과를 구분하기 위해, 통상 “반복효과”는 암묵기억검사 도중 유발된 효과를 가르키는데 사용되는 반면, “구/신효과(old/new effect)”는 재인기억검사와 같은 외현기억검사 도중 유발된 효과를 가르키는데 사용된다.

외현기억과 관련된 ERP 구/신효과는 특히 다양한 재인기억 연구에서 잘 밝혀졌다. 예를 들어, 재인기억에서 “신”(학습하지 않은) 검사항목에 의해 유발된 ERP에 비해 “구”(학습한) 검사항목에 의해 유발된 ERP는 더 정적인데, 이를 “ERP 구/신 효과”라고 부른다. 이러한 정적 특성은 시간 경로, 두피 지형도 등에서 상이하게 나타난다. 이 효과는 “구”로 잘못 판단된 신항목 또는 “신”으로 잘못 판단된 구항목에 의해 유발된 ERP에서는 관찰되지 않는다. 따라서 ERP 구/신효과는 자극 반복 자체나 판단(또는 반응) 관련 요인과 무관한 것으로 간주되며, 기억인출이 신경적으로 그리고 기능적으로 구분되는 여러 처리과정으로 이루어졌음을 보여주는 증거로 해석된다(Rugg, Allan, & Birch, 2000).

암묵기억과 관련된 ERP 반복효과는 어휘판단, 의미범주화 등 다양한 암묵기억검사를 통해 확립되었는데(예, Bentin, Moscovitch, & Heth, 1992; Kazmerski & Friedman, 1997; Cycowicz & Friedman, 1999), 통상 단어 반복은 N400을 감소시키고 LPC를 증가시킨다. 그런데 이러한 정적 ERP 반복효과가 기억의 암묵적 인출과 외현적 인출에 어떻게 관련되는지에 관해서는 다음과 같이 대립적인 의견들이 제안되었다. 첫째, ERP 반복효과가 외현적 인출과 관련된다는 주장이 있다. 이 주장을 뒷받침하는 대표적 증거로서, 의식적 재생과

관련되어 기억된 항목이 친숙성과만 관련되어 기억된 항목보다 더 정적인 ERP를 보인다는 사실을 들 수 있다(Smith, 1993). 아울러, 의미적 과제에서 학습된 단어가 비의미적 과제에서 학습된 단어보다 반복 제시될 때 더 정적인 ERP를 보인다(Paller, Kutas, & McIsaac, 1995). 이러한 처리수준 조작은 외현기억에는 영향을 미치지만 암묵기억에는 영향을 미치지 않는 것으로 간주된다. 따라서 처리수준에 따라 ERP 반복효과가 달라진다는 사실은 ERP 반복효과가 의식적 기억 재생을 반영한다는 것을 시사한다.

둘째, ERP 반복효과가 친숙성과 암묵적 인출과 관련된다는 주장이 있다. Rugg와 Doyle(1992)은 단어사용빈도에 따라 ERP 반복효과가 달라진다는 사실을 밝혔는데, 고빈도 단어보다 저빈도 단어에서 더 큰 반복효과를 관찰하였다. 그들은 이러한 결과가 단어의 상대적 친숙성 차이에 기인한 것으로 해석하였다. 외현기억에 결함이 있는 Alzheimer환자가 ERP 반복효과를 보인다는 사실 역시 친숙성 주장을 지지한다(Rugg, Pearl, Walker, Roberts, & Holdstock, 1994).

셋째, ERP 반복효과가 외현적 인출과 암묵적 인출의 복합효과라는 주장이 있다(Swick & Knight, 1995). Paller와 Kutas(1992)에 따르면, 자극제시 후 400에서 500ms 동안의 정적 성분은 점화와 관련된 처리과정을 반영하는 반면 500-800ms 동안의 정적 성분은 재생을 반영할 가능성이 있다. Bentin 등(1992)에 따르면, LPC 진폭은 재인검사서 단어 반복에 민감하며 어휘판단검사서 반복의 수와 최근성에 민감하다. 이는 LPC 성분이 기억의 의식적 재생과 관련되었을 가능성을 시사한다.

Rugg 등(1998)은, 시간경로에 따라 ERP 반복효과가 암묵적 인출과 외현적 인출을 각각 반영한다는 결과를 보고하였다. 이들은 참가자로 하여

금 제시된 단어에 대해 의미적 또는 지각적 처리를 하게 한 후 재인기억 검사를 실시하였다. 재인기억 검사 도중 ERP를 측정하여, 자극제시 후 300-500ms와 500-800ms 각각에서 ERP 파형의 평균 진폭을 구해 분석하였다. 그 결과, 300-500ms에서는 학습한 단어가 학습하지 않은 단어에 비해 후두영역에서 더 정적인 파형을 보였으며, 의미 처리된 단어와 지각 처리된 단어간에는 차이가 없었다. 반면, 500ms 이후에는 전반적인 뇌 영역에서 의미 처리된 단어가 지각 처리된 단어보다 더 정적인 파형을 보였다. 전자의 결과는, 암묵기억의 친숙성에 기초한 지각적 처리를 반영하는 반면, 후자의 결과는 외현기억의 의식적 재생을 반영하는 것으로 해석되었다. 그러나, Rugg 등(1998)에서 사용된 재인기억 검사는 과제 지시상 외현적 인출을 요구하므로 암묵기억과 외현기억의 특성을 직접적으로 비교하는데 한계를 가지고 있다. 특히 재인과 관련된 ERP 구/신호파는 친숙성보다 의식적 기억 재생에 기초한 것으로 알려져 있다(Allan, Wilding, & Rugg, 1998).

암묵기억과 외현기억의 인출과정을 밝혀내는데 있어 보다 적합한 검사로서 단어완성검사와 단서회상검사를 들 수 있는데, 이 두 검사는 동일한 형태의 단어조각을 제시해주므로 검사형식이 동일하고 전반적 수행 수준 역시 유사하며, 단지 인출 지시에 있어서만 상이하다. 따라서 이 두 검사는 암묵적 인출과 외현적 인출의 신경상관물을 비교하는데 있어 보다 더 적합한 검사라 할 수 있다.

본 연구의 목적은, ERP 반복효과가 암묵적 인출과 외현적 인출 양자와 관련되어 있는지를 규명하는데 있다. 구체적으로, 학습단계에서 처리 수준을 조작하고 인출단계에서 단어완성검사와 단서회상검사를 사용함으로써, 처리수준에 따른 암묵기억과 외현기억의 신경학적 해리를 ERP연

구를 통해 조사하고자 하였다. 만약 ERP 반복효과가 자극제시 후 초기에 나타나는 암묵적 인출과 자극제시 후 후기에 나타나는 외현적 인출 두 성분으로 이루어졌다면, 암묵기억검사에서는 초기에 ERP 반복효과가 관찰되는 반면 외현기억 검사에서는 후기에 ERP 반복효과가 관찰될 것이다. 그리고 처리수준 조작은 초기의 ERP 반복효과에는 영향을 미치지 않는 반면, 후기의 ERP 반복효과에는 영향을 미칠 것으로 예상된다.

이러한 목적을 위해, 자극제시 후 시간 경과 및 활성화영역 측면에서 ERP가 처리수준과 기억 검사에 따라 어떻게 달라지는가를 밝히고자 하였다. 이를 위해 특정 시간창의 진폭 평균을 구하여 비교하는 방법과 두피 지향도를 비교하는 방법을 사용하였다.

방법

참가자. 뇌손상이 없다고 주장한 41명의 오른손잡이 대학생이 참가비를 받고 실험에 참가하였다. 이 가운데 EOG에 의한 오염 시행이 전체 시행의 30% 이상이거나 실험 프로그램 오류나 정전에 의해 실험이 도중에 중단된 참가자를 제외하고서 나머지 30명의 실험 결과가 최종 결과 분석에 사용되었다.

실험재료. 사용 빈도가 30에서 100 사이(한국어사전편찬실, 1991)인 두 글자 한글 단어 165개를 사용하였는데, 이 가운데 13개는 학습과제와 단어완성검사의 연습용으로, 20개는 단어완성검사의 채우기 목록으로, 12개는 학습과제에서 초두효과와 최신효과를 통제하기 위한 목적으로 사용되었다. 표적단어는 20개씩 6개 목록으로 나누어, 학습과제에서는 의미처리와 지각처리 두 조건에 각각 4개 목록을, 단어완성검사와 단서회

상검사에서는 각각 학습과제에서 제시된 의미처리 목록 2개와 지각처리 목록 2개 그리고 학습 단계에서 제시되지 않았던 비학습 목록 2개를 제시하였다. 한편 단어완성검사에서는 채우기 목록을 함께 제시하였다. 모든 표적단어 목록들은 모든 참가자에 걸쳐 두 처리수준(의미/지각처리)과 두 인출 검사(단어완성/단서회상)에 동일한 횟수만큼 배치되도록 역균형화되었으며, 학습과제와 인출 검사에서 단어의 제시 순서는 참가자마다 무선적이었다.

설계 및 절차. 우연학습과제를 사용하여 처리수준(의미처리/지각처리)을 피험자내 변인으로 조작하였으며, 학습이 끝난 후 약 5분 후 단어완성 검사와 단서회상검사를 연이어 실시하였다.

학습과제에서 의미처리조건과 지각처리조건은 함께 무선적으로 혼합되어 제시되었다. 의미처리 조건에서는 단어의 유쾌도를 4점 척도(매우/약간 유쾌, 매우/약간 불쾌)상에서 평정하도록 하였으며, 지각처리조건에서는 단어의 앞 글자와 뒷 글자의 모음 위치의 동일 여부를 평정하도록 하였다. 각 시행은 지시 화면(‘유쾌’ 또는 ‘모음 위치’: 1초), 응시점(500msec), 빈 화면(1초), 단어(3초)의 순으로 제시되었다.

두 인출 검사 모두 표적단어를 첫 글자의 자음이 누락된 단어조각 형태로 제시하였는데, 단어완성검사에서는 맨 처음 떠오르는 단어로 완성하도록, 단서회상검사에서는 학습과제에서 보았던 단어를 기억해내도록 요구하였다. 각 시행은 응시점(500msec), 빈 화면(1초), 단어조각(4초)의 순으로 제시되었다.

학습과제와 인출 검사에서 소리내어 말하여 반응하도록 요구하였으며, 인출 검사에서만 반응을 실험자가 기록하였다. 특히 인출 검사 도중 단어조각이 제시된 후 약 2초 후 실험자가 지시

하면 반응하도록 하였는데, 이는 언어적 반응에 의해 ERP가 영향받지 않도록 하기 위해서였다.

ERP측정 및 분석. 전자과 차단 설비가 된 방음실험실에서 실험이 실시되었는데, ERP는 인출 검사를 할 때 측정하였다. ERP는 Grass Model 12를 사용하여 13개 위치에서 측정하였다: 정중선 3개 위치(Fz, Cz, Pz), 좌우 frontal 4개 위치(F3, F4, F3-F7 및 F4-F8의 중간), 좌우 parietal 4개 위치(P3, P4, P3-T5 및 P4-T6의 중간), EOG 2개 위치(오른 눈 상측부, 왼눈 좌측부)였다. band-pass는 0.03-30 Hz(3dB)이고 표집율은 250Hz였다. 시행당 ERP 측정기간은 자극제시 전 120ms에서 자극제시 후 1000ms까지 포함 1120ms이었다.

ERP자료에서 단어 조각을 표적단어로 완전한 시행만을 분석하였다. 먼저 EOG가 100 μ V 이상인 시행은 제거하고, 참가자마다 자극전 제시기간의 평균 진폭을 전극 위치별로 계산하여 이를 기저선으로 삼아 진폭을 교정하였으며, 참가자별 측정위치별 평균 ERP를 구하여 이를 다시 high-pass 20Hz로 필터링한 결과를 최종 분석에 사용하였다. (전기생리적 신호는 매우 넓은 주파수 대역으로 구성되어 있지만, ERP에서는 일부 주파수 대역만이 관심사가 된다. 따라서 관심 대상이 아닌 주파수 대역을 배제하기 위해 필터링을 하는데, 뇌파 측정장치에서 하드웨어적인 필터링을 한 후 아날로그-디지털 변환한 데이터에 대해 디지털 필터를 적용한다. 본 연구에서 필터링을 통해 구한 데이터의 주파수 대역은 기억연구에서 흔히 사용하는 대역 가운데 하나이다.)

결과

행동 자료 분석

단어완성검사와 단서회상검사의 정확 반응율이 그림 1에 제시되었다. 검사×학습(의미처리/지

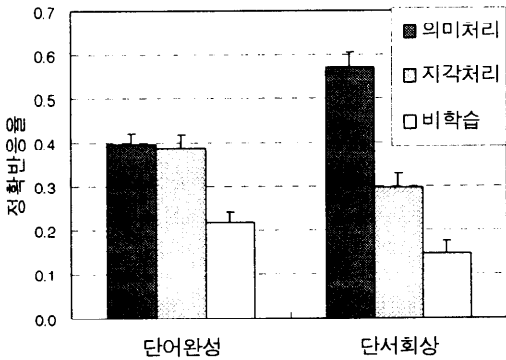


그림 1. 표적단어로 완성한 반응율

각처리/비학습) 변량분석을 수행한 결과, 검사의 주효과는 유의미하지 않았으며, 학습의 주효과 [F(2, 58) = 62.03, MSe = 2.20, $p < .001$] 그리고 검사와 학습의 상호작용효과 [[F(2, 58) = 16.66, MSe = 1.96, $p < .001$]는 유의미하였다. 각 검사별로 학습효과를 변량분석한 결과, 단어완성검사 [F(2, 58) = 18.71, MSe = 1.67, $p < .001$]와 단서회상검사 [F(2, 58) = 55.32, MSe = 2.50, $p < .001$] 모두 학습효과가 유의미하였다.

개별비교 결과, 단어완성검사에서는 비학습조건에 비해 의미처리조건과 지각처리조건에서 단어조각을 표적 단어로 완성한 비율이 더 높았으며, 두 처리조건간에 차이가 없어서 처리수준효과가 관찰되지 않았다. 반면, 단서회상검사에서는, 지각처리조건보다 의미처리조건에서 정확회상율이 더 높은 처리수준효과가 관찰되었다.

ERP자료 분석

단어완성검사와 단서회상검사의 ERP 자료에 대해 자극제시 후 304-500ms와 504-800ms 두 시간창에서 평균 진폭을 각각 구하였다(표 1). 평균 진폭을 종속변인으로 하여 측정 위치별로 학습(의미처리/지각처리/비학습)×시간창(304-500/504-800ms) 변량분석을 하였다. 이 분석에서 주된 관심영역(ROI)은 좌전측(F3와 F3-F7), 우전측(F4와 F4-F8), 좌후측(P3와 P3-T5), 우후측(P4와 P4-T6)의 4개 영역으로서, 각 영역마다 서로 인접한 2개 측정전극 자료를 합쳐서 처리하였다.

00ms) 변량분석을 하였다. 이 분석에서 주된 관심영역(ROI)은 좌전측(F3와 F3-F7), 우전측(F4와 F4-F8), 좌후측(P3와 P3-T5), 우후측(P4와 P4-T6)의 4개 영역으로서, 각 영역마다 서로 인접한 2개 측정전극 자료를 합쳐서 처리하였다.

단어완성검사. 측정 위치별 ERP 파형이 그림 2에 제시되었다. 변량분석 결과, 단어완성검사에서 학습변인의 주효과는 좌후측영역[F(2, 118) = 4.97, MSe = .23, $p < .01$]과 우후측영역[F(2, 118) = 3.11, MSe = .21, $p < .05$]에서 유의미하였으며, 시간창변인의 주효과는 우전측영역 [F(1, 59) = 6.88, MSe = 1.64, $p < .01$], 좌후측영역 [F(1, 59) = 8.62, MSe = 1.01, $p < .01$], 그리고 우후측영역[F(1, 59) = 4.86, MSe = 1.20, $p < .05$]에서 유의미하였다.

의미처리조건과 지각처리조건이 비학습조건에 비해 평균진폭이 더 높은지를 알아보기 위해 시간창별로 비교하였다. 그 결과, 304-500ms시간창에서는, 좌/우 후측영역 모두에서 의미처리조건과 지각처리조건 모두 비학습조건에 비해 높은 진폭을 보였으며(ERP 반복효과)[지각처리, 좌후측 F(1, 59) = 12.68, MSe = .41, $p < .001$, 우후측, F(1, 59) = 8.83, MSe = .63, $p < .01$; 의미처리, 좌후측 F(1, 59) = 4.02, MSe = .45, $p < .05$, 우후측, F(1, 59) = 4.21, MSe = .91, $p < .05$], 두 처리수준간에는 차이가 없었다. 전측영역의 경우 지각처리조건에서는 좌/우측 모두에서, 그리고 의미처리조건에서는 우측에서만 ERP 반복효과가 나타났다[지각처리, 좌전측 F(1, 59) = 7.62, MSe = .43, $p < .01$, 우전측, F(1, 59) = 8.14, MSe = .62, $p < .01$; 의미처리, 우전측 F(1, 59) = 4.07, MSe = .88, $p < .05$], 좌전측 영역에서 지각처리조건이 의미처리조건보다 더 높은 진폭을 보였다 [F(1, 59) = 11.25, MSe = .46, $p < .001$]. 반면, 504-800ms시간창에서는, 초기 시간창과는 달리 모든 학습조건에서 ERP 반복효과가

표 1. 측정위치, 기억검사, 시간창, 학습조건별 평균 진폭(uV)

시간창	학습조건	측정위치(전극)										
		Fz	Cz	Pz	F3	F3-F7	F4	F4-F8	P3	P3-T5	P4	P4-T6
단어완성												
304-500ms	의미처리	-2.27	-1.42	0.14	-2.27	-2.47	-1.38	-0.77	-0.28	0.56	0.16	0.33
	지각처리	-1.72	-0.78	1.36	-0.68	0.09	-0.76	-0.28	0.98	1.71	0.78	0.89
	비제시	-2.86	-3.02	-0.85	-1.57	-2.34	-3.39	-1.76	-0.82	-0.67	-1.58	-1.06
504-800ms	의미처리	-1.52	-0.85	-2.42	-0.97	-0.55	0.81	0.99	-1.50	-1.04	-1.65	-1.07
	지각처리	-1.64	-0.78	-2.15	-1.12	-0.36	-0.83	1.37	-1.88	-0.92	-1.87	-1.59
	비제시	-0.52	0.04	-0.86	-0.61	-1.16	-0.09	0.04	-1.34	-1.15	-1.16	-0.77
단서회상												
304-500m	의미처리	-2.24	-2.66	-1.11	-1.89	-2.25	-2.31	-2.39	-1.58	-1.09	-1.68	-1.52
	지각처리	-2.29	-1.93	0.72	-1.39	-2.74	-1.46	-0.89	-0.27	1.14	0.02	0.08
	비제시	-3.45	-3.50	-0.37	-2.86	-0.61	-5.09	-1.43	-0.56	-0.56	-0.74	-0.24
504-800m	의미처리	-0.56	1.20	-1.89	0.28	-0.12	1.09	0.09	-1.63	-0.23	-1.08	-1.09
	지각처리	-2.52	-1.85	-2.59	-0.14	-1.03	-0.98	-0.18	-2.60	-2.16	-2.50	-2.46
	비제시	-2.05	-1.31	-2.70	-2.02	-1.79	-3.68	-1.02	-0.93	-0.37	-1.41	-1.16

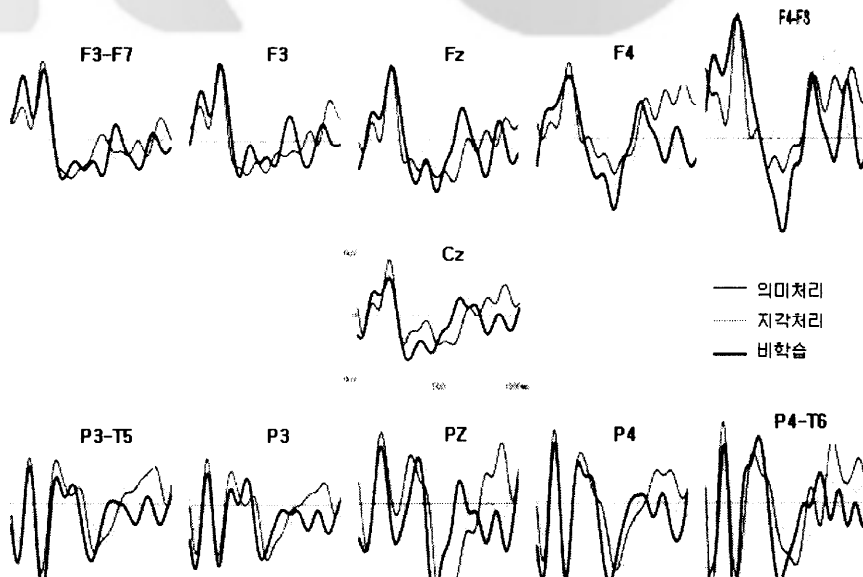


그림 2. 단어완성검사 ERP 파형

관찰되지 않았다.

요약하자면, 단어완성에서 ERP 반복효과는 자극제시 후 초기(304-500ms)에만 나타났는데, 두 처리조건 모두 후측영역에서 나타났고 지각처리 조건의 경우에는 우전측영역에서도 나타났다.

단서회상검사. 측정 위치별 ERP 파형이 그림 3에 제시되었다. 변량분석 결과, 단서회상검사에서 학습변인의 주효과는 4개 관심영역 모두에서 유의미하지 않았으며, 시간차변인의 주효과는 관심영역 모두에서 유의미하였다[좌전측, $F(1, 59) = 5.83, MSe = .65, p < .01$; 우전측, $F(1, 59) = 13.01, MSe = .61, p < .01$; 좌후측, $F(1, 59) = 4.06, MSe = .65, p < .05$; 우후측, $F(1, 59) = 4.86, MSe = .84, p < .05$]에서 유의미하였다. 학습변인과 시간차변인의 상호작용효과 역시 관심영역 모두에서 유의하였다[좌전측, $F(2, 118) = 4.42, MSe = .39, p < .05$; 우전측, $F(2, 118) = 3.20, MSe = .61, p < .05$; 좌후측, $F(2, 118) = 5.80, MSe = .62, p < .01$; 우후측,

$F(2, 118) = 3.18, MSe = .94, p < .05$]

의미처리조건과 지각처리조건이 비학습조건에 비해 평균진폭이 더 높은지를 알아보기 위해 시간차별로 비교하였다. 그 결과, 304-500ms 시간차에서, 좌/우 후측영역 모두에서 의미처리조건이 지각처리조건에 비해 낮은 진폭을 보였지만 [좌 후측, $F(1, 59) = 5.18, MSe = .73, p < .05$; 우후측, $F(1, 59) = 4.04, MSe = .83, p < .05$], 의미/지각처리 조건과 비학습조건간에는 차이가 없었다. 한편 전측영역에서는 학습조건간에 아무런 차이도 없었다. 504-800ms 시간차에서, 의미처리조건은 좌/우 전측영역 모두에서 비학습조건에 비해 더 높은 진폭을 보였지만[좌전측, $F(1, 59) = 5.40, MSe = .87, p < .05$; 우전측, $F(1, 59) = 5.00, MSe = 2.08, p < .05$], 지각처리조건에서는 우전측영역에서만 ERP 반복효과가 관찰되었다[$F(1, 59) = 4.02, MSe = .78, p < .05$]. 후측영역에서는 두 처리조건 모두에서 ERP 반복효과가 관찰되지 않았다.

요약하자면, 단서회상에서 ERP 반복효과는 자

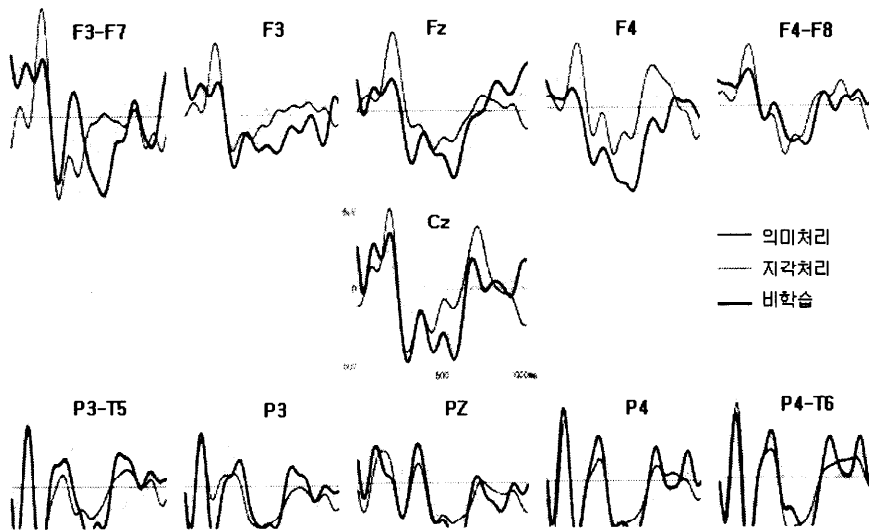


그림 3. 단서회상검사 ERP 파형

극제시 후 후기에만 나타났는데, 의미처리에서는 좌/우 전측영역에서, 지각처리에서는 우전측영역에서만 나타났다.

ERP 반복효과의 지형도 분석

자극제시 후 304-500ms와 504-800ms 두 시간창의 평균 진폭을 가지고서, 의미/지각처리조건 각각으로부터 비학습조건을 빼서 두피 지형도를 구하였는데, 앞서 ERP 진폭분석에서 유의미한 ERP 반복효과를 보인 시간창 결과가 그림 4에 나와 있다. 단어완성에서는 자극제시 후 초기(304-500ms)에 처리수준에 관계없이 두피상의 후측영역과 우전측영역에서 높은 진폭, 즉 ERP 반복효과를 확인할 수 있었고, 지각처리의 경우에는 의미처리와 달리 좌전측영역에서도 역시 ERP 반복효과를 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 앞서의 ERP 진폭 분석과 함께 요약하자면, 암묵적 인출(단어완성)의 경우 자극제시 후 초기에 후측영역에서 ERP 반복효과가 처리수준과 무관하게 나타났으며, 좌전측 영역에서는 지각처리에서만 ERP 반복효과가 나타났다.

단서회상의 지형도는 단어완성의 경우와 매우 상이하였다. 단어완성과는 달리 단서회상에서는

자극제시 후 후기(504-800ms)에 ERP 반복효과가 관찰되었는데, 특히 ERP 반복효과는 의미처리에서는 좌/우 전측영역 모두에서 나타났지만 지각처리의 경우에는 우전측영역에서만 나타났다(지형도상에서는 좌전측영역에서 ERP 반복효과가 나타난 것처럼 보이지만, 진폭 분석결과에서 이는 유의미하지 않았다). 이러한 결과를 앞서의 ERP 진폭 분석과 함께 요약하자면, 외현적 인출(단서회상)의 경우 ERP 반복효과가 자극제시 후 후기에 전측영역에서 나타났으며, 특히 의미처리 조건에서는 좌/우전측영역 모두에서 나타난 반면 지각처리조건에서는 우전측영역에서만 나타남으로써 처리수준에 따른 해리가 관찰되었다.

논 의

본 연구에서는, ERP 반복효과가 암묵기억검사와 외현기억검사 각각에서 어떻게 다르게 나타나는지를 밝히고 이에 따라 암묵적 인출과 외현적 인출의 신경학적 기전을 추론하고자 하였다. 이를 위해 학습단계에서 처리수준을 조작하고 인출단계에서 단어완성검사와 단서회상검사를

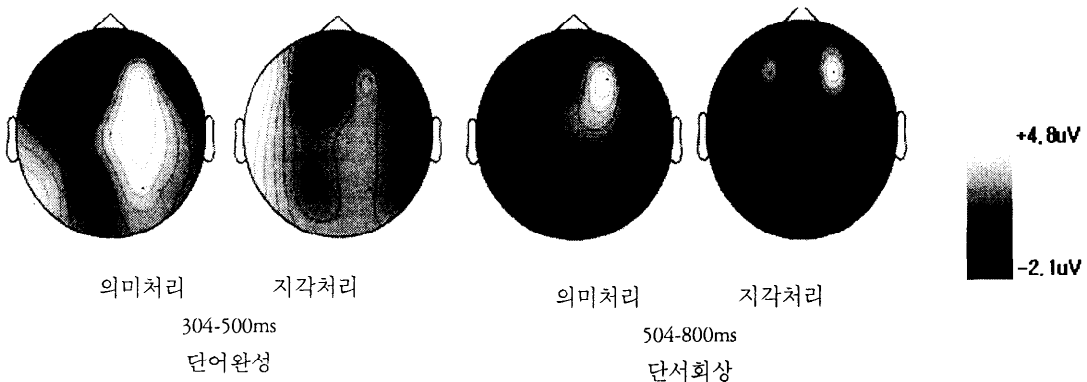


그림 4. ERP 반복효과의 전위 지형도 (학습과 비학습간 ERP 진폭 차이)

실시하였다.

본 연구의 주요한 결과를 요약하면 다음과 같다. 단어조각을 표적단어로 완성한 정확반응율을 분석한 결과, 단어완성에서는 비학습조건에 비해 의미처리조건과 지각처리조건에서 단어조각을 표적 단어로 완성한 비율이 더 높았으며 처리수준효과가 관찰되지 않은 반면, 단서회상에서는 처리수준효과가 관찰되었다. 이는 암묵기억이 외현기억과는 달리 개념적 처리에는 영향을 받지 않고 지각적 처리에 의존한다는 기존의 연구들(예, Richardson-Klavehn과 Gardiner, 1998)과 나란한 것이다.

자극제시 후 초기 시간창과 후기 시간창의 ERP 평균 진폭을 분석한 결과, 단어완성에서 ERP 반복효과는 자극제시 후 초기에만 나타났으며 특히 두 처리조건 모두 후측영역에서 나타났고, 지각처리조건의 경우에는 의미처리조건과 달리 우전측영역에서도 나타났다. 한편 자극제시 후 후기에서는 전반적으로 ERP 반복효과와 처리수준에 따른 해리가 관찰되지 않았다. 반면, 단서회상에서 ERP 반복효과는 자극제시 후 초기에는 나타나지 않았고 후기에 전측영역에서만 나타났는데, 지각처리조건에서는 우전측영역에서만 나타난 반면 의미처리조건에서는 좌/우 전측영역 모두에서 반복효과가 나타났다. 두피 지형도를 분석한 결과 역시 대체로 ERP 진폭 분석과 일치하였다.

본 연구에서 특히 ERP 분석 결과는 시간 경과에 따른 뇌 활성화 영역이 암묵기억과 외현기억에 따라 다름을 시사한다. 암묵기억 특히 점화는 비교적 정보처리과정 초기에 일어나는 뇌의 후측영역 활성화에 의존함을 짐작할 수 있다. 이러한 결과는 점화가 자극의 지각적 분석을 담당하는 지각표상체계의 작용에 근거한다는 주장(Schacter와 Tulving, 1994)과 일치하는 결과라고

할 수 있는데, 뇌영상연구들은 지각표상체계 가운데 시각적 점화를 매개하는 구조가 시각피질임을 밝힌 바 있다(예, Petersen 등, 1989). 특히, 후측 영역의 활성화에 있어 처리수준효과가 관찰되지 않았는데, 이 역시 암묵기억이 개념적 처리에 무관하고 지각적 처리에 주로 의존한다는 주장과 일치하는 것이라 할 수 있다.

암묵기억과는 달리 외현기억 수행은 비교적 정보처리과정 후기에 일어나며, 특히 암묵기억과는 달리 뇌의 전측영역이 관여함을 짐작할 수 있다. 처리수준과 관련된 효과가 자극제시 후 500ms 이후에 관찰된 결과는, 지각적 처리에 비해 나중에 일어나는 의도적이고 의식적인 처리의 작용을 시사한다. 특히, ERP 반복효과가 지각적으로 부호화된 항목들에 비해 의미적으로 부호화된 항목들에서 더 광범위한 전측영역에서 관찰된 결과는 인출 후 모니터링 활동과 관련된 것으로 짐작된다. 이러한 추론은 암묵/외현기억을 비교한 뇌영상연구에 근거하는데, 단어조각에 대해 맨 처음 떠오르는 단어를 인출해낸 후 외현적 인출로 전환하는 과정에서 의미 처리된 단어가 지각 처리된 단어에 비해 높게 활성화되고, 이러한 전환과정에 전두피질이 관여한다는 주장이 있다(Schacter 등, 1996).

본 연구의 결과는, ERP 반복효과가 외현적 인출과 암묵적 인출의 복합효과라는 주장(Swick & Knight, 1995)을 지지하는 것으로 판단된다. 이러한 주장에 따르면, 자극제시 후 초기에 관찰되는 ERP 반복효과는 점화와 관련된 처리과정을 반영하는 반면, 후기에 관찰되는 정적 성분은 의식적 재생을 반영한다(Paller & Kutas, 1992). Rugg 등(1998)에 따르면, ERP 반복효과는 시간경로에 따라 암묵적 인출과 외현적 인출을 각각 반영한다. 그는 재인기억을 측정하였는데, 여기서 관찰된 초기의 ERP 반복효과는 암묵기억의 친숙성에 기

초한 지각적 처리를 반영하는 반면, 후기의 ERP 반복효과는 외현기억의 의식적 재생을 반영한다고 주장하였다. 이러한 주장은 본 연구 결과와 대체로 일치하는데, 본 연구에서는 단어완성(암묵기억)검사와 단서회상(외현기억)검사를 사용함으로써 암묵적 인출과 외현적 인출이 시간상에서 그리고 두피 위치에 따라 다르게 작용한다는 사실을 밝혔다.

본 연구는 비교적 제한된 수의 측정 위치를 사용하였기 때문에, 기억 인출에 관여하는 뇌 영역을 충분히 변별적으로 밝혀내지 못한 제한을 가지고 있다. 특히 전측영역과 후측영역만을 측정하고 측두영역을 측정하지 않았기 때문에 두피 전반에 걸친 지형도를 밝히는데 한계가 있었다. 나아가, ERP자료가 PET나 fMRI에 비해 공간적 해상력이 낮기 때문에 기억인출과 관련된 정확한 뇌영역을 밝히는데 제약받을 수 밖에 없었다. 이러한 제한에도 불구하고 시간 경과에 따라 변화하는 암묵기억과 외현기억의 신경학적 기능적 해리를 밝혀낼 수 있었다.

참고문헌

- 한국어사전편찬실 (1991). 현대 한국어 사전 편찬을 위한 한국어 자료의 선정과 그 전산적 처리에 관한 연구. 미발표.
- Allan, K., Wilding, E. L., & Rugg, M. D. (1998). Electrophysiological evidence for dissociable processes contributing to recollection. *Acta Psychologica*, 98, 231-252.
- Bentin, S. (1987). Event-related potentials, semantic processes and expectancy factors in word recognition. *Brain and Language*, 31, 308-327.
- Bentin, F., & Peled, B. S. (1990). The contribution of task-related factors to ERP repetition effects at short and long lags, *Memory and Cognition*, 18, 359-366.
- Bentin, S., & Moscovitch, M., & Heth, I. (1992). Memory with and without awareness: Performance and electrophysiological evidence of savings. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 1270-1283.
- Cycowicz, Y. M., & Friedman, D. (1999). ERP recordings during a picture fragment completion task: Effects of memory instructions. *Cognitive Brain Research*, 8, 271-288.
- Graf, P., & Mandler, G. (1984). Activation makes words more accessible, but not necessarily more retrievable. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23, 553-568.
- Kazmerski, V. A., & Friedman, D. (1997). Old/new differences in direct and indirect memory tests using pictures and words in within-and cross-form conditions: Event-related potential and behavioral measures. *Cognitive Brain Research*, 5, 255-272.
- Paller, K. A. & Kutas, M. (1992). Brain potentials during memory retrieval provide neurophysiological support for the distinction between conscious recollection and priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 375-391.
- Paller, K. A. & Kutas, M., & McIsaac, H. K. (1995). Monitoring conscious recollection via the electrical activity of the brain. *Psychological Science*, 6, 107-111.
- Petersen, S. E., Fox, P. T., Posner, M. I., Mintun, M. A., Raichle, M. E. (1989). Positron Emission Tomographic studies of the processing of single words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1,

- 153-170.
- Pritchard, W. S. (1981). Psychophysiology of P300: A review. *Psychological Bulletin*, 89, 506-540.
- Richardson, A., & Gardiner, J. M. (1998). Depth-of-processing effects on priming in stem completion: Tests of the voluntary-contamination, conceptual-processing, and lexical-processing hypotheses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24, 593-609.
- Rugg, M. D. (1990). Event-related brain potentials dissociate repetition effects of high-and low-frequency words. *Memory and Cognition*, 18, 367-379.
- Rugg, M. D., & Doyle, M. C. (1992). Event-related potentials and recognition memory for low-and high-frequency words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 69-79.
- Rugg, M. D., Allan, K., & Birch, C. S. (2000). Electrophysiological evidence for the modulation of retrieval orientation by depth of study processing. *Journal of Cognitive neuroscience*, 12, 664-678.
- Rugg, M. D., Mark, R. E., Walla, P., Schloerscheidt, A. M., Birch, C. S., & Allan, K. (1998). Dissociation of the neural correlates of implicit and explicit memory. *Nature*, 392, 595-598.
- Rugg, M. D., Pearl, S., Walker, P., Roberts, R. C. & Holdstock, J. S. (1994). Word repetition effects on event-related potentials in healthy young and old subjects, and in patients with Alzheimer-type dementia. *Neuropsychologia*, 32, 381-398.
- Schacter, D. L., & Tulving, E. (1994). What are the memory systems of 1994? In D. L. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory Systems 1994*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Schacter, D. L., Alpert, N. M., Savage, C., Rauch, S. L. & Albert, M. S. (1996). Conscious recollection and human hippocampal formation: Evidence from positron emission tomography. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 93, 321-325.
- Smith, M. E. (1993). Neurophysiological manifestations of recollective experience during recognition memory judgments. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 1-13.
- Swick, D. & Knight, R. T. (1995). Contributions of right inferior temporal-occipital cortex to visual word and nonword priming. *NeuroReport*, 7, 11-16.
- Swick, D., & Knight, R. T. (1997). Event-related potentials differentiate the effects of aging on word and nonword repetition in explicit and implicit memory tasks. *Journal Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 123-142.

〈OBSERVATION〉

Neurological Dissociation of Implicit and Explicit Memory by Level of Processing: An Event-related Potential Study

Taejin Park

Department of Psychology, Chonnam National University

After manipulating LoP(Level of Processing) at incidental learning phase, event-related potentials (ERP) were recorded on the scalp during word completion(implicit memory) test and cued recall (explicit memory) test. Upon the ratio of completing word fragments with studied target words, LoP effect was observed only in explicit memory test, not in implicit memory test. Mean amplitudes and topographic maps of ERP on the trials completed with target words were analyzed. In implicit memory test, studied words produced higher amplitudes relative to unstudied words(ERP repetition effect) on the posterior area at the early latency range(304-500ms poststimulus) and no LoP effect was observed. On the contrary, in explicit memory test, ERP repetition effect was observed on the frontal area at the late latency range(504-800ms poststimulus) and semantically encoded words showed repetition effect on the larger area than perceptually encoded words. These results suggest that ERP repetition effect is a composite effect of implicit and implicit retrieval, and implicit memory is based on the early activation of posterior area but explicit memory is based on the late activation of frontal area.

Keywords ERP repetition effect, implicit memory, explicit memory, level of processing

1 차원고접수 : 2003. 4. 21.

2 차원고접수 : 2003. 6. 11.

최종게재결정 : 2003. 6. 17.