

더하기 지식의 자동적 활성화*

박 영 신

배재대학교 유아교육과

이 연구에서는 대학생들을 대상으로 더하기 지식이 자동적으로 활성화되는지 검토하였다. 실험 1에서는 '4+5'와 같은 두 개의 숫자가 제시되었다가 120msec, 180msec, 240msec, 480msec 또는 960msec 이 경과한 후에 사라지면서 하나의 숫자가 탐사자극으로 나타났다. 탐사자극은 문제에 제시되었던 한 숫자 (예: 4), 문제에 제시된 두 숫자의 합 (예: 9), 그리고 문제와 전혀 관계없는 숫자 (예: 7)였다. 피험자들은 탐사자극으로 제시된 숫자가 문제에 있었는지를 판단하여 가능한대로 빠르고 정확하게 반응했다. 피험자들의 반응은 탐사자극이 문제와 관련이 없을 때보다 합일 때 유의하게 느렸고 이러한 경향은 문제와 답사이의 지연시간이 120msec과 180msec 일 때 크게 나타났다. 실험 2에서는 '4 5'와 같이 문제를 + 부호없이 제시하였다. 실험 1에서 발견된 것처럼 피험자들의 반응은 탐사자극이 문제와 관련이 없을 때보다 합일 때 더 느리고 또 부정확했으며 이러한 경향은 역시 지연시간이 120msec과 180msec 일 때 크게 나타났다. 이 결과는 더하기 지식에 대한 기억모델이 한국 성인들에서 더하기 지식이 표상되고 접근되는 방식도 적절하게 기술함을 시사한다.

핵심어 : 더하기 지식 • 자동적 활성화의 확산

지난 20여년간 산수지식이 기억에 어떻게 표상되고 또 표상된 정보들이 어떻게 접근되는가에 대해 다양한 모델들이 제안되었다. Ashcraft의 모델 (1987; Ascraft & Stazyk, 1981), Campbell과 Graham의 모델 (1985)과 Siegler의 모델 (Siegler & Jenkins, 1989; Siegler & Shrager, 1984)이 그 예이다. 이 모델들은 모두 기억모델로서 기억내에

산수 문제들과 그 답들이 서로 연합을 이루어 표상되어 있다고 본다. 산수 문제들과 그 답들이 구체적으로 어떤 형태로 표상되어 있는가에 대해서는 다양한 입장을 보이고 있지만 이 모델들에 의하면, 문제와 답들은 경험의 정도에 따라 다른 강도로 연합을 형성하고 있다. 즉 문제와 많이 경험된 후보답들은 문제와 강하게 연합을 형성하며, 그렇지 않은 후보답들은

* 이 연구의 일부는 1994년 심리학회 연차대회에서 발표되었습니다.

문제와 약하게 연합을 형성하고 있다.

이 모델들의 또 다른 가정은 문제의 합은 문제와 후보답들간의 연합망을 통한 활성화의 자동적 확산 (automatic spreading activation)을 통해 접근되며 활성화는 시간에 따라 빠르게 소멸된다는 것이다 (Neely, 1977). 즉 산수 문제가 부호화되는 순간 문제가 활성화되면서 우리의 의도와는 관계없이 문제와 연합을 이루고 있는 여러 후보답들로 활성화가 확산된다. 후보답들이 활성화되는 정도는 문제와 후보답들 사이의 연합의 강도에 의해 결정되어 문제와 강하게 연합된 답들은 그렇지 못한 답들에 비해 상대적으로 더 강하게 활성화된다.

이러한 가정들은 많은 연구들에서 검증되어 왔다. LeFevre, Bisanz, & Mrkonjic (1988)은 숫자 맞추기 과제(number matching task)로 더하기 지식의 자동적 활성화를 연구했다. 이 과제에서는 먼저 더하기 문제 (예: $4+2$)가 제시되고 다양한 시간 (60, 120, 180, 240, 480 msec)이 지난 후에 문제가 사라지면서 하나의 숫자가 탐사자극으로 제시되었다. 탐사자극으로 제시되는 숫자는 때로는 먼저 제시된 문제의 합(예: 6), 때로는 문제와 관련이 없는 숫자(예: 7), 때로는 문제에 있었던 한 숫자였다 (예: 4). 피험자들에게 나중에 제시된 탐사자극이 먼저 제시된 더하기 문제에 있었느냐를 판단하도록 하였고 더하기를 하도록 요구하지 않았다. 탐사자극이 합이거나 또는 문제와 관련이 없는 숫자일 때 피험자들은 '아니오'라고 반응해야 하고, 그 밖의 경우에는 피험자들은 '예'라고 반응해야 했다.

만약 더하기 문제와 그 답이 충분히 강하게 연합되어 있고, 문제가 활성화되면서 문제와 연합을 이루고 있는 후보답들로 활성화가 확산된다면 이 과정에서 문제의 합도 활성화될 것이다. 따라서 합이 탐사자극으로 제시된 조건에서는 피험자들은 '아니오'라고 반응해야 함에도 불구하고, 합이 이미 활성화되었기 때문에 '아니오'라는 반응이 방해를 받을 것이다. 그러나 문제와 관련이 없는 숫자가 제시된 조건에서는 그 숫자가 활성화되지 않기 때문에 위와 같은 방해는 일어나지 않을 것이다. 따라서 전자의 문제들에 대한 피험자들의 반응은 후자의 문제들에 대한 피험자들의 반응보다 더 느리고 또 더 부정확할 것이다. 또한 활성화는 시간에 따라 빠르게 소멸되기 때문에 합의 활성화에 의한 방해효과는 문제와 답들 사이의 지연시간이 긴 조건보다는 짧은 조건에서 더 두드러질 것이다.

이러한 예상과 일치하여, 피험자들의 반응은 탐사자극이 문제와 관련이 없는 숫자일 때보다 문제의 합일 때 유의하게 느리고 또 더 부정확했으며 이러한 경향은 문제와 탐사자극 사이의 지연시간이 비교적 짧은 두 조건 즉 실험 1에서는 120msec, 실험 2에서는 60msec와 120msec에서 두드러지게 나타났다. 또한 이러한 방해효과는 문제나 탐사자극이 숫자로 제시되든지 또는 'one'이나 'two'와 같이 단어로 제시되든지 관계없이 일관성 있게 나타났을 뿐 아니라 문제 사이에 + 부호가 제시되지 않는 상황에서도 관찰되었다. 이 결과는 첫째, 성인들에서는 문제의 합을 구할 필요가 없는 상황에서도 합이 자동적으로 활성화될 정도로 더하기

문제와 답들 사이의 연합이 충분히 강하게 형성되어 있고, 둘째, 더하기 지식은 연합망을 통한 활성화의 자동적 확산을 통해 접근됨을 시사한다.

그러나 이러한 산수지식에 대한 기억모델의 보편성에 대한 의의가 최근에 제기되고 있다. 우선 위의 연구에서 발견한 합의 자동적 활성화가 모든 성인들에서 나타나지 않았다 (LeFevre & Kulak, 1994). 십단위 이상의 숫자들로 구성된 더하기 문제를 잘 푸는 성인들에서는 합의 자동적 활성화에 의한 방해효과가 크게 나타났으나, 그렇지 못한 성인들에서는 통계적으로 유의한 방해효과가 발견되지 않았다. 또한 많은 성인들이 단순한 더하기 문제나 곱하기 문제를 풀 때에도 답을 기억에서 인출하기보다는 여러 가지 절차적 지식을 사용하였다 (LeFevre, Sadesky, & Bisanz, 1996). 따라서 LeFevre 등은 기존의 산수지식에 대한 기억모델은 산수에 숙달된 성인들에게는 적용되지만 그렇지 못한 성인들에게는 대안적 모델이 요구된다고 제안하였다.

산수수행과 관련된 많은 교차문화적 연구에 의하면, 한국, 일본과 중국 등의 동양 여러 나라에서는 미국보다 어려운 문제들을 더 일찍 지도하고 있을 뿐 아니라 (박 영신, 1997; Fuson, Stigler, & Bartsch, 1988) 동양의 아동들이 미국 아동들보다 산수를 공부하는 데 훨씬 더 많은 시간을 보낸다는 사실이 밝혀졌다 (Stevenson, Lee, Chen, Lummis, Stigler, Fan, & Ge, 1990). 이러한 교육과정과 학습정도의 차이를 반영하듯이 여러 연구들은 다양한 산수과제에서 한국, 일본, 중국 등 동양 아동들이 미국 아

동들보다 더 우수하다는 사실을 밝히고 있다 (Song & Ginsburg, 1987; Stevenson, Chen, & Lee, 1993; Stevenson, Lee, & Stigler, 1986). 또한 수를 표상하는 방식에서 동서양 아동들의 차이가 있어 (Miura, Okamoto, Kim, Steere, & Fayol, 1993) 일본과 한국의 1학년들은 숫자를 10단위와 1단위로 나누어 표상하는데 반해 미국, 프랑스와 스웨덴의 1학년들은 숫자를 하나의 단위로 표상하는 경향이 있었다.

이러한 연구들은 동양과 서양의 아동들이 산수를 학습하는 정도와 수를 표상하는 방식에 차이가 있음을 보여줄 뿐 아니라 이렇게 일찍 시작되는 차이가 동양과 서양의 성인들에서 산수지식이 표상되는 강도, 표상되는 방식뿐 아니라 표상된 지식들이 접근되는 방식에도 큰 차이를 가져올 가능성을 시사한다. 이러한 차이를 고려해 볼 때 미국 성인들의 산수지식을 기술하기 위해 제안된 모델들이 다른 문화권에서 미국과 다른 방식으로 산수를 배우고 학습한 성인들에게도 그대로 적용될 수 있을 지 검토할 필요성이 있다. 따라서 이 연구에서는 산수지식에 대한 기억모델들이 문화권에 관계없이 보편적으로 적용될 수 있는지를 알아보기 위하여 한국 성인들을 대상으로 기억모델의 일반적인 가정을 두 개의 실험을 통해 평가하였다.

실험 1

실험 1은 LeFevre 등 (1988) 이 고안한 숫자 맞추기 과제를 사용하여 한국 성인들에서도 합의 자동적으로 활성화되는지 알아보기 위해 실시되었다. 문제와

탐사자극 사이의 지연시간을 60, 120, 180, 240과 480msec으로 조작한 LeFevre 등의 연구와는 달리 실험 1에서는 지연시간을 120, 180, 240, 480 과 960msec 으로 조작했다. LeFevre 등이 지연시간 60msec 에서는 유의한 방해효과를 발견하지 못했기 때문에 지연시간 60msec을 제외시켰고, 합의 자동적 활성화가 시간에 따라 어떻게 달라지는지를 더 정확하게 평가하기 위해서 960msec의 지연시간을 더 포함시켰다.

방 법

피험자. 배재대학교에 재학중인 24명의 대학생(남녀 각각 12명)들이 실험에 참여하였다. 이들은 다양한 학과에 재학하고 있었고 이 가운데 일부는 심리학 개론을 수강하는 학생들이었고 일부는 개인적인 동의에 의해 자발적으로 실험에 참여하였다.

자극. 이 실험에서는 LeFevre 등 (1988) 이 사용한 20개의 더하기 문제와 40개의 숫자들을 그대로 자극으로 사용하였다. 이 자극들이 표 1에 제시되어 있다. 가장 왼쪽에 있는 10문제들은 세 종류의 탐사자극 즉 관련오답(문제의 합), 무관련오답(문제와 관련이 없는 한 숫자), 그리고 문제에 제시된 한 숫자 (즉 쌍통제 조건의 아래에 열거된 숫자)와 짝을 지어 제시되었다. 문제와 관련이 없는 오답은 반수의 문제들에서는 합에 3을 더해서 또 나머지 반수의 문제들에서는 3을 빼서 만들었다. 이렇게 한 이유는 가능한 한 방해효과를 크게 하기 위해서였다. 가장 오른쪽에 있는 숫자쌍은 그 원

표 1. 조건별로 실험에 사용된 문제들

숫자쌍	탐사자극				숫자쌍
	관련 오답	무관련 오답	쌍통제	탐사 자극 통제	
1+2	3	6	1	6	1+6
1+3	4	7	3	7	7+3
2+1	3	6	2	6	2+6
2+4	6	9	4	9	9+4
2+5	7	4	5	4	4+8
3+1	4	7	3	7	3+7
4+2	6	3	2	3	3+2
5+1	6	3	5	3	5+3
5+2	7	4	2	4	4+1
5+4	9	6	5	6	5+6

쪽에 있는 탐사자극 통제조건에 열거된 숫자들과 짝지어 제시되었다.

이렇게 만들어진 40개의 문제들은 블록당 50시행으로 이루어진 4블럭에 걸쳐 5번씩 제시되었고 각 문제들은 다섯 지연시간에서 한 번씩 제시되게 하였다. 이 문제들의 순서는 다음과 같은 제한에 따라 결정되었다: (1) 같은 반응 즉 '예', '아니오'를 요구하는 문제들이 연속 3시행 이상에서 반복되지 않는다. (2) 같은 지연시간이 연속 3시행 이상에서 반복되지 않는다. (3) 이웃하는 시행에서는 같은 문제와 같은 탐사자극이 제시되지 않는다.

절차. 피험자들은 조용한 방에서 개인별로 실험을 받았다. 실험은 IBM personal computer 에 의해 통제되었다. 모든 지시, 연습문제와 실제 문제들은 피험자로부터 약 50cm 정도 떨어져 있는 컴퓨터의 컬러 모니터 위에 녹색으로 제시되었다. 각 시행에서 ****가 시작 신호로

모니터의 중앙에 제시되었다. 약 1초 후에 시작 신호가 사라지면서 화면의 중앙에 '4+2'와 같은 형태로 더하기 문제가 제시되었다. 이 문제들은 시행에 따라 120, 180, 240, 480, 또는 960msec 동안 제시되었다가 사라지면서 한 숫자가 탐사자극으로 문제보다 화면의 한줄 아래에 제시되어 피험자들이 반응할 때까지 남아 있었다.

피험자들은 탐사자극으로 제시된 숫자가 더하기 문제에 제시되었는지 또는 아닌지를 판단한 후 자판 위의 키를 사용하여 반응했다. 반수의 피험자들은 탐사자극이 문제에 있었을 때, 즉 '예'라고 대답해야 하는 경우에 자판의 가장 아래쪽의 가장 오른쪽에 있는 ? 키를, 없을 때 즉 '아니오'라고 대답해야 할 경우에는 자판의 가장 아래쪽의 가장 왼쪽에 있는 z 키를 누르게 했고 나머지 피험자들은 키를 반대로 사용하였다. 피험자들에게는 가능한대로 정확도를 유지하면서 최고의 속도로 반응하도록 지시하였다. 피험자들의 반응이 맞을 때에는 모니터의 중앙에 '예'라는 피드백이 주어졌고 피험자들의 반응이 틀렸을 때에는 아무런 피드백도 주어지지 않았다. 피험자들은 매 50시행 후에 15초 동안 휴식하였다. 컴퓨터가 매 시행마다 피험자들의 반응의 정확도와 반응시간(latencies)을 기록하였다. 실험을 마치는데 약 15분 정도가 소요되었다.

결 과

반응시간. 각 시행에서 피험자들의 반응시간(탐사자극이 제시된 순간부터 피험자들이 반응할 때까지 경과한 시간)을

컴퓨터로 msec 단위로 측정하였다. 피험자들마다 극단적인 반응시간 즉 각 조건의 평균 반응시간보다 2배 이상 느린 반응시간을 제외하고 각 조건별 평균 반응시간을 계산하였다. 정답조건에서의 평균 반응시간은 다섯 지연시간에서 각각 694 msec, 652msec, 740msec, 618msec, 그리고 654msec 이었다. 결과 분석에서는 연구 문제와 직접적으로 관련이 있는 오답이 제시된 조건들의 평균 반응시간만을 분석하였다. 오답조건별 평균 반응시간이 그림 1에 제시되어 있다. 관련오답 조건은 탐사자극이 합인 조건이고 무관련오답 조건은 탐사자극이 문제와 관련이 없는 숫자인 조건이다.

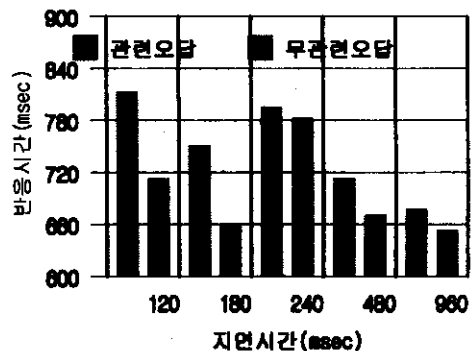


그림 1 조건별 평균 반응시간(msec)

이 자료들을 2(성: 남녀)×2(반응조건: 오른쪽, 왼쪽)×5(지연시간: 120, 180, 240, 480, 960)×2(오답조건: 관련오답, 무관련오답) 반복측정에 의한 ANOVA로 분석하였다. 처음 두 변인은 피험자간 변인이었고, 다음 두 변인은 피험자내 변인이었다. 변량분석의 결과, 지연시간의 주효과 ($F(4,80)=18.81, p<.01$)와 지연시간×반응조건의 상호작용($F(4,80)=$

2.98, $p<.05$)이 유의하였다.그림 1에 나타나 있듯이 지연시간이 길어질수록 피험자들의 반응시간이 짧아졌고, 이러한 경향은 '예' 반응을 위해 오른쪽 하단의 키를 사용한 조건보다는 왼쪽 하단의 키를 사용한 조건에서 더크게 나타났다.

연구문제와 관련하여 오답조건의 주효과가 유의하였다 ($F(1,20)=64.58$, $p<.01$). 그림 1에 나타나 있듯이 관련오답 조건에서 피험자들의 반응시간이 무관련오답 조건에서보다 더 길어서 합의 자동적 활성화로 인한 유의한 방해효과가 나타났다. 그러나 오답조건은 지연시간과 상호작용을 보여 ($F(4,80)=6.37$, $p<.01$) 방해효과는 지연시간이 긴 조건보다는 짧은 조건에서 더 크게 나타났다. 다섯 지연시간에서의 방해효과는 각각 100msec, 91msec, 13msec, 42msec, 그리고 24msec 이었다. 지연시간 120 msec과 180msec에서는 방해효과가 서로 비슷하였으나 다른 지연시간에서 보다 훨씬 더 컸다.

오반응률. 전체 오반응률은 약 4%로 아주 적었다. 각 조건별 오반응률이 표 2에 제시되었다. 오반응률도 반응시간과 마찬가지로 변량분석을 하였다. 그 결과, 지연시간의 주효과가 유의하여 ($F(4,80)=4.52$, $p<.01$) 지연시간이 길어질수록 오반응이 줄어드는 경향을 보였다. 그러나

다른 어떤 주효과나 상호작용도 통계적으로 유의하지 않았다.

논 의

이 실험의 결과를 요약하면, 합이 탐사자극으로 제시된 더하기 문제에 대한 피험자들의 반응이 문제와 관련이 없는 숫자가 탐사자극으로 제시된 문제에 대한 반응보다 유의하게 느렸고, 또 이러한 경향은 문제와 답사이의 지연시간이 비교적 짧은 조건에서 크게 나타났다.

이 결과는 동일한 절차를 사용하여 캐나다의 학생들을 연구한 LeFevre 등 (1988)의 결과와 일치하는 것으로서 한국 성인들에서도 더하기 문제와 그 합이 강하게 연합되어 있을 뿐 아니라 그 합이 문제와 답들로 이루어진 연합망을 통한 활성화의 자동적 확산을 통해 접근됨을 시사한다.

이 연구의 결과와 LeFevre 등의 결과가 차이가 나는 점은 LeFevre 등은 지연시간 120msec에서만 유의한 방해효과를 발견한 반면, 이 연구에서는 지연시간 120msec과 180msec에서 모두 방해효과를 발견했다는 점이다. 두 연구간의 절차상의 세부적인 차이때문에 직접 비교하기는 어렵지만 이 결과는 한국 성인들에서는 합의 활성화가 캐나다의 성인들에서보다 더 오래 지속됨을 의미한다.

표 2. 조건별 오반응률(%)

지연시간 조건	120 msec	180 msec	240 msec	480 msec	960 msec
관련오답	5	6	5	2	3
무관련오답	2	6	7	3	1

실험 2

실험 2는 두 가지 목적으로 실시되었다. 첫째 목적은 실험 1에서 관찰된 방해효과를 재확인하는 것이었다. 둘째 목적

은 실험 1에서 관찰된 방해효과가 일어나는데 +부호가 필요한지 알아보는 것이었다. LeFevre 등 (1988)은 '4 2'와 같이 문제를 제시할 때 +부호를 사용하지 않았을 때에도 지연시간 60msec과 120 msec에서 유의한 방해효과를 관찰하였다. 또한 다른 연구에서도 $4 \times 2 = 6$ 과 같이 곱하기의 오답이 문제의 곱이 아니라 합인 문제에서 아동들과 성인들의 반응이 $4 \times 2 = 7$ 과 같이 오답이 문제와 관련이 없는 경우보다 유의하게 느리거나 또 더 부정확하다는 사실이 밝혀졌다 (박 영신, 1994; Hamann & Ashcraft, 1985; Miller, Perlmutter, & Keating, 1984; Park, Babu, & Kail, 1988; Zbrodoff & Logan, 1986). 이 결과들은 합의 자동적 활성화에 +부호가 꼭 필요하지 않을 가능성을 시사한다. 이 연구들이 밝힌 것처럼 한국의 성인들에서 +부호가 제시되지 않은 문제에서 더하기 지식이 자동적으로 활성화될까? 만약 그렇다면, 문제가 +부호없이 제시되어도 탐사자극이 문제에 제시된 두 숫자의 합일 때 피험자들의 반응이 탐사자극이 문제와 관련이 없는 한 숫자일 때보다 더 느리고 또 더 부정확할 것이며 이런 경향은 문제와 답 사이의 지연시간이 짧을 때 더 두드러지게 나타날 것이다.

방 법

피험자. 배재대학교에 재학중인 24명 (남녀 각각 12명)은 실험에 참여하였다. 이들은 실험 1과 마찬가지로 일부는 심리학 개론을 수강하는 문과대학 1학년 재학

생들이었고 나머지는 개인적 동의에 의해 자발적으로 참여한 학생들이었다.

자극과 절차. 실험 1에서 사용된 자극들이 실험 2에서도 그대로 사용되었다. 그러나 실험 1과는 달리 실험 2에서는 문제로 두 숫자만 제시되었고 더하기 부호는 제시되지 않았다. 예를 들어, 실험 2에서는 '4+2' 대신 '4 2'가 제시되었다. 이 밖의 다른 실험의 절차들은 실험 1과 동일하였다.

결 과

반응시간. 정답조건에서의 평균 반응시간은 다섯 지연시간에서 각각 694msec, 644 msec, 690msec, 634msec, 그리고 659msec 이었다. 연구 문제와 관련된 오답조건별 피험자들의 평균 반응시간이 그림 2에 제시되어 있고 조건별 평균 반응시간을 실험 1과 마찬가지로 2 (성) $\times$ 2 (반응조건) $\times$ 5 (지연시간) $\times$ 2 (오답조건) 반복측정에 의한 ANOVA로 분석하였다. 실험 1과 마찬가지로 지연시간의 주효과가 유의하여서 ($F(4,80)=9.72, p<.01$) 지연시간이 길어질수록 피험자들의 반응시간이 짧아졌고 이러한 경향은 피험자들의 성에 따라 달라졌다 ($F(4,80)=6.00, P<.01$). 즉 지연시간이 길어짐에 따라 반응시간이 짧아지는 정도는 여자 대학생들보다 남자대학생들에서 더 강하게 나타났다.

더 중요하게는, 그림 2에 나타나 있듯이 오답조건의 주효과가 유의하여 ($F(1,20)=13.95, p<.01$) 피험자들의 반응이 탐사자극이 두 숫자의 합일 때 탐

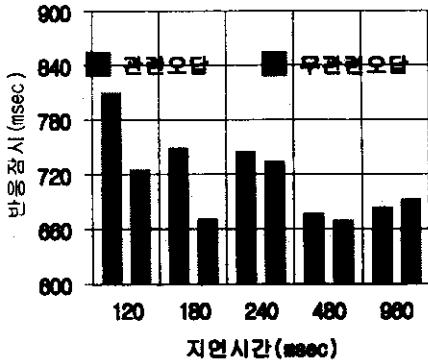


그림2. 조건별 평균 반응시간(msec)

사자극이 두 숫자와 아무 관련이 없는 숫자일 때 보다 유의하게 느렸고, 방해효과는 지연시간에 따라 달라져서 지연시간이 120msec과 180msec일 때 크게 나타났고 그 이상의 지연시간에서는 사라졌다 ($F(4, 80)=4.37, p<.01$). 방해효과는 지연시간이 120msec과 180msec 일 때에는 각각 84msec과 78msec으로 비슷하였고 이 밖의 지연시간에서는 거의 없었다.

오반응률. 오반응률은 6.8%로 실험 1 보다는 높았지만 전체적으로 낮은 편이었다. 각 조건별 오반응률은 표 3에 제시되어 있다. 이 자료도 역시 반응시간과 같은 ANOVA 로 분석되었다. 그 결과 지연시간의 주효과가 유의하여 ($F(4,80)=2.74, p<.05$) 지연시간이 길어질수록 오반응이 줄어들었다. 그러나 실험 1과는 달리 오답조건의 주효과도 유의하여 ($F(1,20)= 11.91, p<.01$) 관련오답 조건에서 오반응이 무관련오답 조건보다 약 2% 정도 더 많았다. 그러나 오답조건과 지연시간의 상호작용은 통계적으로 유의

표 3. 조건별 평균 오반응률 (%)

지연시간 조건	120 msec	180 msec	240 msec	480 msec	960 msec
관련오답	12	10	10	6	1
무관련오답	7	6	7	7	2

하지 않았고 다른 어떤 주효과나 상호작용효과도 유의하지 않았다.

논 의

+부호없이 문제를 제시한 실험 2의 결과는 모든 면에서 실험 1과 동일하여 +부호가 제시되지 않아도 탐사자극이 합일 때 피험자들의 반응이 탐사자극이 문제와 관련이 없는 숫자일 때보다 더 느릴 뿐 아니라 더 부정확했고 이러한 경향은 문제와 답 사이의 지연시간이 120msec과 180msec인 조건에서 크게 나타났다.

이 결과는 실험 1에서 밝혀진 사실 즉 한국 성인들에서도 더하기와 그 합이 연합을 이루고 있을 뿐 아니라 그 합이 문제와 합들로 이루어진 연합망을 통한 활성화의 자동적 확산을 통해 접근된다는 사실을 재확인했을 뿐 아니라 이렇게 합이 활성화되는 데에는 +부호가 반드시 필요한 것은 아니라는 중요한 사실을 보여주었다.

실험 2에서도 실험 1과 마찬가지로 합의 활성화로 인한 방해효과는 지연시간 120msec과 180msec에서 크게 나타났다. 즉 문제에 +부호가 제시되지 않을 때에도 +부호가 제시될 때와 같이 합의 활성화는 180msec까지 지속되었다.

LeFevre 등은 그들의 실험 1에서 지

연시간 120msec 에서만 방해효과를 발견한 것과는 달리, +부호를 없애서 피험자들이 부호화해야 하는 자극의 수를 줄여준 실험 2에서는 지연시간 120msec 뿐 아니라 더 짧은 지연시간 60msec 에서도 방해효과를 발견했다. 그러나 본 실험에서는 120msec 이하의 지연시간을 포함시키지 않았기 때문에 한국 성인들에서도 +부호를 제시하지 않았을 때 방해효과가 더 짧은 지연시간에서 나타나는지를 밝힐 수는 없었지만 한국 성인들에서는 캐나다의 성인들에서 보다 합의 활성화가 60msec 더 지속된다는 사실이 다시 확인되었다.

전체논의

실험 1에서는 더하기 지식의 자동적 활성화를 검토하기 위하여 더하기 문제를 제시하고 다양한 시간이 경과한 후 하나의 숫자를 제시하고 피험자들에게 그 숫자가 문제에 있었는지를 판단하게 하였다. 그 결과, 탐사자극으로 제시된 오답이 문제의 합일 경우에 탐사자극으로 제시된 오답이 문제와 관련이 없을 때 보다 피험자들의 반응이 유의하게 느렸으며 이러한 방해효과는 지연시간이 180msec 이하인 조건에서만 발견되었다. 실험 2에서는 실험 1에서 발견된 방해효과를 재확인할 뿐 아니라 합의 활성화에 +부호가 필요한지를 알아보았다. +부호가 제시되지 않았을 때에도 합의 활성화로 인한 방해효과가 나타났을 뿐 아니라 이러한 방해효과도 역시 지연시간이 180msec 이하의 짧은 조건에서만 관찰되었다.

두 실험의 결과는 일반적으로는 캐나다 학생을 대상으로 한 LeFevre의 연구결과를 replicate하여 산수지식에 대한 여러 기억모델들의 기본 가정들이 한국 성인들에서도 사실임이 확인되었다. 물론 문화에 따른 교육의 차이로 인해 산수지식이 기억에 표상되는 구체적인 방식에는 세부적인 차이가 있겠지만 한국 성인들에서도 더하기 문제와 그 합은 강하게 연합되어 있고 그 합은 더하기 지식의 연합망을 통한 활성화의 자동적 확산에 의해 접근됨을 의미하며 산수지식의 표상과 그 접근에 대한 기억모델들의 가정이 문화권에 관계없이 적용됨을 시사한다.

그러나 LeFevre 등은 합의 활성화를 지연시간이 120msec 이하일 때만 발견한 것과는 대조적으로 한국 대학생들을 대상으로 한 이 연구에서는 두 실험 모두에서 지연시간이 180msec 일 때에도 유의한 방해효과가 발견되었다. 이 결과는 일부 피험자들은 지연시간 120msec에서 또 일부 피험자들은 지연시간 180msec에서 유의한 방해효과를 보여서 나타날 것일 수 있다. 그러나 모든 피험자들의 자료를 개인별로 살펴 본 결과, 실험 1에서는 약 46%와 실험 2에서는 약 42%의 피험자들이 두 지연시간 모두에서 비슷한 정도의 방해효과를 보였다. 이 결과는 적어도 일부 한국 학생들에서 합의 활성화가 캐나다 학생들에서 보다 더 오래 지속됨을 시사한다. 이는 더하기를 학습하는 초기단계에서 우리나라 아동들이 서양의 아동들과는 달리 더하기에 대해 암산등을 통하여 더 집중적으로 지도를 받아서 한국 성인들에서 문제와 합 사이의 연합이 캐나다 성인들에서 보다 더 강하

기 때문일 수 있다.

따라서 앞으로의 연구에서는 산수를 배우고 있는 다양한 연령층의 아동들은 대상으로 동일한 실험을 반복하여 더하기 지식의 자동적 활성화가 어떻게 발달하며, 이러한 발달에 주요하게 영향을 미치는 변인들은 무엇인지, 또 아동들이 가진 더하기 지식의 차이에 따라 더하기 지식의 자동적 활성화에 개인차가 나타나는지가 밝혀진다면 아동들의 산수지식의 발달 과정을 이해하는데 유용한 정보를 제공할 것이다.

또한 실험 2의 결과는 산수지식의 표상에 있어서 조작의 역할에 대한 중요한 문제를 제기한다. Geary, Widaman과 Little (1986)은 더하기와 곱하기 지식이 문제들로 서로 연결되어 있으면서도 장기기억의 다른 수준에 구분되어 표상되어 있다고 본다. 따라서 이들은 조작의 종류가 산수문제에 대한 정답을 인출하는데 결정적으로 중요하다고 본다. 그러나 LeFevre 등의 연구와 본 연구는 공히 +부호가 없어도 더하기 문제의 합이 활성화됨을 보여주었다. 따라서 앞으로의 연구에서 산수지식의 활성화에 + 또는 $\times$ 부호가 어떤 역할을 하는지가 좀 더 구체적으로 규명되어야 할 것이다.

참고문헌

- 박영신(1994). 산수지식의 인출의 발달. 한국심리학회지:발달, 7, 77-97.
- 박영신 (1998). 한국과 미국의 초등학교 저학년 수학 교과서 비교연구: 더하기 문제를 중심으로. 한국심리학회지: 발달, 11, 49-61.
- Ashcraft, M.H. (1987). Children's knowledge of simple arithmetic: A developmental model and simulation. In J. Bisanz, G.J. Brainerd, & R. Kail (Eds.), *Formal method in developmental psychology: Progress in cognitive development research*. New York: Springer-Verlag.
- Ashcraft, N.H., & Stazyk, E.H. (1981). Mental addition: A test of three verification models. *Memory & Cognition*, 9, 185-196.
- Campbell, J.I., & Graham, D.J. (1985). Mental multiplication skill: Structure, processes and acquisition. *Canadian Journal of Psychology*, 39, 338-366.
- Fuson, K.C., Stigler, J.W., & Bartsch, K. (1988). Grade placement of addition and subtraction topics in Japan, Mainland China, the Soviet Union, Taiwan, and the United States. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19, 449-456.
- Geary, D.C., Widaman, K.F., & Little, T.D. (1986). Cognitive addition and multiplication: Evidence for a single memory network. *Memory & Cognition*, 14, 478-487.
- Hamann, M.S., & Ashcraft, M.H. (1985). Simple and complex

- mental addition across development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 40, 49-72.
- LeFevre, J. Bisanz, J., & Mrkonjic, L. (1988). Evidence for obligatory activation of arithmetic facts. *Memory & Cognition*, 16, 45-53.
- LeFevre, J., & Kulak, A.G. (1994). Individual differences in the obligatory activation of addition facts. *Memory & cognition*, 22, 188-200.
- LeFevre, J., Kulak, A.G., & Bisanz, J. (1991) Individual differences and developmental change in the associative relations among numbers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 52, 256-274.
- LeFevre, J., Sadesky, G.S., & Bisanz, J. (1996). Selection of procedures in mental addition: Reassessing the problem-size effect in adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 22, 216-230.
- Miller, K.F., Perlmutter, M., & Keating, D. (1984), Cognitive arithmetic: Comparison of operations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 10, 46-60.
- Miura, I.T., Okamoto, Y., Kim, C.C., Steere, M., & Fayol, M. (1993). First graders' cognitive representation of number and understanding of place value: Crossnational comparisons-France, Japan, Korea, Sweden, and the United States. *Journal of Educational Psychology*, 85, 24-30.
- Neely, J.H. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory: Role of inhibitionless spreading activation and limited capacity attention. *Journal of Experimental Psychology General*, 106, 226-254.
- Park, Y.S., Babu, S., & Kail, R. (1988, April). Development of automaticity in mental addition and multiplication. Paper presented at the meeting of Midwestern Psychological Association, Chicago.
- Siegler, R.S., & Jenkins, E.A. (1989). *How Children discover Strategies* Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Siegler, R.S., & Shrager, J. (1984). Strategy choices in addition and subtraction: How children know what to do? In C. Sophian (Ed.), *Origin of cognitive skills*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Song, M.J., & Ginsburg, H.P. (1987). The development of informal and formal mathematical thinking in Korean and U.S. children. *Child Development*, 58, 1286-1296.

- Stevenson, H.W., Chen, C., & Lee, S.Y. (1993). Mathematics achievement of Chinese, Japanese, and American children: Ten years later. *Science*, 259, 53-58.
- Stevenson, H.W., Lee, S.Y., & Stigler, J.W. (1986). Mathematics achievement of Chinese, Japanese, and American children. *Science*, 231, 693-699.
- Zbrodoff, N.J., & Logan, G.D. (1986). On the autonomy of mental process: A case study of arithmetic. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 118-130.

Automatic activation of addition facts

Young-shin Park

Department of Early Childhood Education
Pai Chai University

Automatic activation of addition knowledge is examined in two experiments with Korean college students. In Experiment 1, addition problems (e.g., $4+2$) were followed by three kinds of probes: sum (e.g., 6), neutral number (e.g., 7) and one number presented in the problem (e.g., 4). In Experiment 2, problems were presented without + sign (e.g., 4 2). Subjects decided whether the probe number was presented in the problem or not. In both experiments, sum probes were rejected more slowly than neutral probes, only when the delay between problem and probe was less than 180 msec. These results imply that current models for addition facts are appropriate for Korean adults.

Key words : addition knowledge • automatic activation