韓國心理學會誌 : 發達
Korean Journal of Developmental Psychology
1994. *Vol. 7, No. 1, 77－97*

산수지식의 인출의 발달

박 영 신
배재대학교

이 연구는 한국 아동들과 성인들에서 산수지식이 어떻게 표상되어 있고 또 어떻게 access 되는지를 밝히기 위해 실시되었다. 실험 1 에서는 국민학교 3 학년들과 대학생들이 정답, 관련오답 (더하기에서는 문제의 곱 ; 곱하기에서는 문제의 합), 또는 무관련 오답 (문제와 관련이 없는 오답) 과 같이 제시되는 곱하기와 더하기 문제를 보고 답의 정오를 판단했다. 곱하기에 대한 아동들과 성인들의 반응은 무관련오답 조건보다 관련오답 조건에서 더 느리고 더 부정확했으나 더하기에서는 남아들만 이러한 경향을 보였다. 실험 2 에서는 국민학교 3 학년들과 대학생들이 (실험 1 에서 사용된) 크기가 작은 문제가 제시되고 150 msec, 540 msec, 또는 930 msec 후에 제시된 답의 정오를 판단했다. 실험 1 과는 달리 성인들의 반응은 더하기와 곱하기 모두에서 무관련오답 조건보다 관련오답 조건에서 더 느리고 더 부정확했다. 그러나 아동들은 실험 1 과 같이 곱하기에서만 이러한 경향을 보였다. 더 중요하게는 관련오답으로 인한 방해효과가 답이 문제보다 540 msec 후에 제시될 때 가장 컸다. 실험 1과 2의 결과는 산수지식이 관련 node 들의 연합망으로 표상되며 이 연합망을 통한 자동적 활성화의 확산으로 인출됨을 시사한다.

수세기와 더하기, 빼기, 곱하기와 나누기의 산수 사칙은 아동들이 국민학교 교육과정에서 배워야 할 가장 기본적이고 중요한 내용일 뿐 아니라 국민학교와 그 이후에 아동들이 경험하게 되는 수와 관련된 많은 추리와 사고의 기초가 된다. 따라서, 아동들이 이러한 내용을 어떻게 학습하는가에 많은 관심이 집중되어 왔다. 우선 종래의 연구들은 더하기, 빼기, 곱하기등의 산수 문제에서 아동들의 수행이 연령에 따라 변함을 발견했다. 나이가 많아질수록 아동들은 산수 문제를 일반적으로 더 정확하고 또 더 빠르게 풀었다 (Ashcraft & Fierman, 1982; Campbell & Graham, 1985; Hamann & Ashcraft, 1985; Koshmider & Ashcraft, 1991).

또한 종래의 연구들은 아동들이 산수 문제를 풀기 위해 사용하는 책략에도 중요한 발달상의 변화가 일어남을 발견했다. 즉 나이가 많아질수록 아동들은 문제의 답을 더 효율적으로 산출하게 하는 책략을 선택하여 사용한다. 더하기를 예로 이 변화를 설명해 보겠다. 아동들이 더하기를 처음 배울 때에는 여러가지 연산법 algorithm 을 사용하여 문제를 푼다. 많이 사용되는 연산법 가운데 하나는 '최소 숫자 책략 minimum addend strategy' 인데 이 책략은 유치원에서 배운 수세

* 이 연구는 1992년 교육부 지원 한국학술진흥재단의 신진연구과제 학술 연구조성비에 의하여 연구되었음.

기의 연장으로 더하기 문제에 포함된 두 숫자 중 큰 숫자에서 부터 다른 숫자가 나타내는 만큼 세어 올라가서 마지막 숫자를 답으로 말하는 책략이다 (Groen & Parkman, 1972). 예를 들면, 4+2 문제를 풀기 위해서는 '4' 에서 시작하여 '5, 6' 하고 2 만큼 센 뒤 가장 마지막 숫자인 '6'을 답으로 말한다. 이러한 연산법이 정확하게 실행되면 항상 문제의 정답을 산출할 수 있지만 연산법을 사용하면 문제를 푸는데 시간이 비교적 오래 걸리고 또 필요할 때마다 문제의 답을 일일이 계산해야 하기 때문에 인지적 부담이 크다.

그러나 아동들이 학교나 또는 학교 이외의 다른 학습 장면에서 더하기 문제를 많이 연습한 후에는 더 이상 연산법을 사용하지 않고 장기기억에 이미 저장되어 있는 정보들 가운데에서 적절한 답을 인출한다 (Ashcraft, 1982; Geary, Brown, & Samaranayake, 1991; Kaye, Post, Hall, & Dineen, 1986). 연산법과는 달리 인출을 사용하면 문제를 상당히 빨리 풀 수 있고 또 인지적 부담도 훨씬 줄어든다. 나이가 많아질수록 더 능률적인 책략인 인출을 선호하여 사용하는 경향은 더하기뿐 아니라 곱하기 (Cooney, Swanson, & Ladd, 1988; Wolters, Beishuizen, Broers, & Knoppert, 1990) 에서도 나타난다.

이처럼 산수문제에서 발달에 따라 나타나는 수행과 책략의 변화는 아주 robust 한 현상임에도 불구하고 이러한 변화를 일으키는 원인에는 별로 관심이 기울여지지 않았었다. 최근에 와서야 이러한 변화와 더하기, 빼기, 곱하기등의 산수지식에 대한 표상과의 관계가 주목되면서 산수지식이 장기기억에 표상되는 방식, 표상되는 강도와 또 표상된 정보들이 access 되는 과정들이 밝혀지고 있다. 이 문제들에 대한 높은 관심은 산수지식이 장기기억에 표상되는 방식을 기술하기 위해 제안되어 온 다양한 모델 (Ashcraft, 1987; Campbell, 1987; Siegler & Shrager, 1984) 에서 잘 나타나고 있다.

구체적인 세부 사항들에는 차이가 있지만 이 모델들은 산수지식에 대해 두가지 공통된 가정을 하고 있다. 하나는 산수지식이 표상되는 방식에 대한 가정으로서 장기기억에 산수 문제들을 푸는 절차들에 대한 지식 procedural knowledge 뿐 아니라 문제와 그 답들이 서로 연결을 이루며 연합망 network 의 형태로 표상되어 있다는 것이다. 예를 들면, 더하기 문제들은 10 x 10 메트릭스로 표상되는데 이 메트릭스의 횡렬에는 문제의 한 숫자, 종렬에는 다른 숫자, 또 횡렬과 종렬의 교차점에는 그 숫자들로 이루어진 문제의 답이 표상되어 있거나 (Ashcraft, 1987) 또는 더하기와 곱하기 문제들이 정답을 포함한 여러 후보답들과 복합적으로 연합되어 있다고 (Siegler & Shrager, 1984; Campbell & Graham, 1985; Campbell, 1987) 생각된다. 문제와 답들이 연합되는 강도는 그 문제와 답들이 같이 경험된 빈도에 비례한다. 대개의 경우는 정답이 문제와 가장 강하게 연합되어 있고 정답은 아니지만 문제와 같이 경험되었던 다른 숫자들도 경험의 정도에 따라 각각 다른 강도로 연합되어 있다.

둘째는 이렇게 표상된 정보들이 인출되는 과정에 대한 가정이다. 대부분의 모델은 산수지식의 연합망을 통한 활성화의 확산 spreading-activation 에 의해 산수문제의 답이 인출된다고 본다. 문제가 부호화되면 장기기억내에 있는 문제의 node 가 활성화되고 이 활성화는 문제와 연결되어 있는 후보답들의 node 들로 확산되어 나간다. 후보답들이 활성화되는 정도는 문제와 그 후보답들 사이의 연합의 강도에 비례한다. 즉 문제와 강하게 연합된 후보답들은 강하게, 약하게 연합된 후보답들보다 약하게 활성화된다. 또 주어진 후보답이 답으로 인출될 확률은 그 후보답이 활성화되는 정도에 비례한다. 따라서 대부분의 경우에는 문제와 가장 강하게 연합되어 있는 정답이 가장 강하

게 활성화되어 답으로 인출된다. 이 모델들의 가정에 의한다면 정답이 아닌 다른 후보답들도 같이 활성화된다는 사실에 주목하라.

성인들을 대상으로 한 많은 연구들은 위에서 소개한 모델들의 가정이 일반적으로 타당함을 보이고 있다 (Ashcraft & Battaglia, 1978; Ashcraft & Stazyk, 1981; Stazyk, Ashcraft, & Hamann, 1982; Campbell, 1987; 1991). 그러나 이 모델들의 가정이 아동들의 산수지식이 표상되고 access 되는 방식에도 그대로 적용될 수 있는지 또 그렇다면 언제부터인지 아직은 분명히 밝혀지지 않고 있다. 따라서, 이 연구의 첫째 목적은 성인들과 마찬가지로 3, 4 학년의 아동들에서도 산수지식 특히 더하기와 곱하기 지식이 장기기억내에 연합망의 형태로 표상되어 있고 또 연합망을 통한 활성화의 자동적 확산으로 인출되는지 밝히는 것이다.

산수문제를 정확하게 푸는 정도와 또 아동들이 문제를 풀기 위해 사용하는 책략에 개인차가 있는 것과 마찬가지로 많은 연구들은 수와 관련된 다양한 과제에서 체계적인 문화의 차이를 발견했다. 특히, 미국 아동들에 비해 한국, 중국과 일본 아동들이 수와 관련된 여러 과제에서 더 우수하였다. 예를 든다면, 4, 5, 6 세의 중국 아동들은 같은 연령의 미국 아동들보다도 물건들에 적절한 수를 더 잘 붙이고 수를 셀 때 실수도 덜 했다 (Miller & Stigler, 1987). 또한 유치원에서 대학에 이르기까지 모든 연령에서 중국 학생들이 미국 학생들보다 숫자를 더 많이 기억했다 (Stigler, Lee, & Stevenson, 1986). 한국의 7, 8 세 아동들은 같은 연령의 미국 아동들보다 산수 사칙 계산을 더 잘 했다 (Song & Ginsburg, 1987). 또한 1991 년 미국의 ETS 에서 20 개국의 9 세와 13 세 아동들을 대상으로 실시한 국제 학력 평가 조사에서도 한국과 대만의 학생들이 미국의 학생들보다 특히 산수에서 더 우수한 성적을 보였다 (Kantrowitz & Wingert, 1992).

문화에 따른 이러한 차이를 설명하는 요인들은 아주 다양할 것이다. 이러한 차이는 수와 관련된 고등한 사고의 기초가 되는 아주 초보적인 산수에 대한 정보들 (예를 들어, 산수 사칙에 대한 정보들) 이 장기기억에 표상되는 정도의 차이에서 시작될 수도 있다. 특히 중국, 한국과 일본의 아동들은 일찍부터 즉 유치원 시기부터 미국의 아동들보다 수를 더 다양하게 표상하며 (Miura & Okamoto, 1989), 동양 아동들이 미국 아동들보다 더 지시적인 방법으로 또 더 많은 시간동안 산수를 공부하기 때문에 (Stigler, Lee, & Stevenson, 1986) 더하기, 곱하기 및 다른 산수에 관한 정보들이 일찍부터 더 강력하게 표상될 지 모른다.

따라서, 이 연구의 두번째 목적은 한국 아동들과 성인들을 대상으로 하여 더하기와 곱하기 지식이 표상되고 access 되는 방식이 미국 아동들과 성인들과 비슷한지를 밝히는 것이다. 그러나 이 연구에서는 두 나라의 아동과 성인들을 모두 테스트하지는 않았다. 이미 수집된 미국 아동들과 성인들의 자료 (Park, Babu, & Kail, 1988) 들과 이 연구에서 수집된 한국 아동과 성인들의 자료를 비교하여 이 문제에 대한 간접적인 해답을 제공하려 했다.

활성화의 확산에 의한 더하기와 곱하기 지식의 인출에 대한 연구들은 다양한 방법을 사용하여 활발하게 이루어져 왔다. 먼저 더하기 지식에 대한 연구들을 살펴 보자. 더하기 지식의 활성화를 평가하는 한 방법은 숫자 맞추기 과제 number matching task 이다. 이 과제에서는 4+2와 같은 더하기 문제가 제시되고 일정한 시간이 경과한 후에 문제가 사라지면서 다른 하나의 숫자가 탐사자극 probe 으로 나타난다. 이 숫자는 더하기 문제에 있었던 숫자 가운데 하나 (예 : 4) 이거나 문제의 합 (예 : 6) 이거나 또는 문제와 아무 관련이 없는 숫자 (예 : 7) 였다. 피험자는 탐사자극으로 제시

된 숫자가 앞에서 보았던 문제에 있었는지를 판단한다. 만약 더하기 문제의 node 와 그 합의 node 가 장기기억내에서 서로 연합되어 있고 문제의 node 에서 시작된 활성화가 합의 node 로 확산된다면, 문제를 보고 부호화하는 순간 문제에 있는 숫자, 그 문제의 합과 또 다른 관련된 숫자들의 node 들이 활성화될 것이다. 따라서 피험자들의 반응은 탐사자극이 문제의 합일 때 탐사자극이 문제와 아무 관계가 없을 때보다 유의하게 늦어지고 또 더 부정확할 것이다. 이러한 예상처럼, 성인들의 반응은 탐사자극이 합일 때 그렇지 않을 때보다 더 늦어졌고 또 더 부정확했으며, 이러한 경향은 문제와 탐사자극 사이의 시간간격이 120 msec 일 때만 유의하였다 (LeFevre, Bisanz, & Mrkonjic, 1988).

더하기 지식의 활성화는 또한 곱하기 문제를 사용하여 연구되었다. 이 연구들의 논리도 위와 비슷했다. 4×3과 같은 곱하기 문제가 그 곱 (예 : 12), 그 합 (예 : 7) 또는 문제와 관련이 없는 오답 (예 : 11) 과 같이 제시되고 피험자들은 답이 맞는지를 판단한다. 만약 장기기억에서 곱하기 문제의 node 가 문제의 곱의 node 뿐 아니라 합의 node 와도 연합되어서 그 합의 node 도 동시에 활성화된다면 피험자들의 반응은 문제와 관련이 없는 오답이 제시될 때보다 문제의 합이 제시될 때 더 느리고 또 더 부정확할 것이다. 예상처럼 성인들의 반응은 제시된 오답이 합일 때 오답이 문제와 관계가 없을 때보다 더 느리고 또 더 부정확했다 (Winkelman & Schmidt, 1974 ; Zbrodoff & Logan, 1986 ; Park, Babu, & Kail, 1988). 위의 연구들은 성인들의 더하기 지식은 연합망의 형태로 표상되어 있을 뿐 아니라 곱하기 지식과도 연결되어 있고, 또 더하기 지식은 이 연합망을 통한 활성화의 확산에 의해 인출됨을 시사한다.

아동들을 대상으로 더하기 지식의 활성화를 다룬 연구들도 위와 같은 방법을 사용했다. 숫자 맞추기 과제를 사용한 연구에서는 탐사자극이 합일 때 나타나는방해효과는 단지 국민학교 6 학년에서만 발견되었고 다른 학년에서는 발견되지 않았다 (LeFevre & Bisanz, 1987 ; LeFevre, Kulak, & Bisanz, 1991). 또한 곱하기 문제를 사용하여 더하기 지식의 활성화를 평가한 연구 (Hamann & Ashcraft, 1985) 에서는 곱하기 문제의 오답이 문제의 합일 때 오답이 문제와 관련이 없는 숫자일 때보다 피험자들의 반응이 더 늦었으나 이러한 경향은 고등학교 1 학년에서만, 또 답이 10 보다 큰 문제들에서만 나타났다. 그러나 국민학교 1, 4 학년과 중학교 1 학년에서는 이러한 경향이 발견되지 않았다.

LeFevre 등의 연구는 국민학교 6 학년이 되어서야 연합망에 의한 더하기 지식의 표상이 성인들과 유사해지며 그 이전에는 연합망이 계속 발달하고 있음을 의미한다. 그러나 이와는 달리 Hamann 등의 연구는 활성화의 확산에 의한 더하기 지식의 인출은 고등학교부터 가능해짐을 시사하고 있다. 두 연구 결과가 다른 것은 연구방법의 차이에 기인할 수 있다. LeFevre 등의 연구에서는 더하기 문제에 의한 합의 활성화를 평가한 반면, Hamann 등의 연구에서는 곱하기 문제에 의한 합의 활성화를 평가했다. 곱하기 문제에 의한 합의 활성화는 곱하기 지식과 더하기 지식 자체의 표상이 충분히 발달하고 또 서로 연결된 후에 가능하므로 더하기 문제에 의한 합의 활성화보다 발달상 더 늦게 나타날 지 모른다. 이러한 추측과 일치하게, 아동들이 곱하기와 더하기를 비교적 일찍 master 하는 작은 문제들 즉 합이 11 이하인 문제들만 사용한 다른 연구 (Park, Babu, & Kail, 1988) 에서는 곱하기 문제에 의한 합의 활성화는 국민학교 3 학년에서도 발견되었다. 또한 1+1, 2+3 등과 같이 크기가 작은 문제에서는 유치원 아동들도 이미 연산법이 아니라 인출을 사용한다는 Siegler 와 Shrager(1984)의 연구결과에 비추어 보면,

Hamann 등의 연구 결과는 주의하여 해석해야 할 것 같다. 위의 연구들은 방법론상의 차이에도 불구하고 성인들은 산수지식의 연합망을 통한 활성화의 확산으로 산수지식을 access 함을 보여주고 있지만 이러한 경향이 발달상 언제부터 나타나는지에 대해서는 연구결과들이 일치하지 않고 있다.

곱하기 지식도 더하기 지식과 동일한 형태로 표상되고 또 동일한 과정으로 인출되는 것 같다. 곱하기 문제와 문제에 포함된 어떤 숫자의 곱이 오답으로 (예 ; 4×5=16) 제시될 때 문제와 관련이 없는 숫자 (예 : 4×5=19) 가 제시될 때보다 답의 정오에 대한 피험자들의 반응이 유의하게 느려졌고 이러한 경향은 문제가 답보다 600 msec 전에 제시될 때에도 나타났다 (Stazyk, Ashcraft, & Hamann, 1982).

곱하기 지식의 활성화를 더하기 문제를 사용하여 평가한 연구에서도 비슷한 결과가 관찰되었다. 만약 문제의 곱의 node 가 더하기 문제의 node 와 연합되어 있어서 문제의 합과 같이 활성화된다면 문제의 곱이 오답으로 제시된 더하기 문제에 대한 피험자들의 반응이 전혀 관계가 없는 오답이 제시된 더하기 문제에 대한 반응보다 더 느리고 또 더 부정확할 것이다. 이 예언과 정확하게 일치하는 결과가 성인들에서 발견되었다 (Winkelman & Schmidt, 1975 ; Zbrodoff & Logan, 1986 ; Park, Babu, & Kail, 1988). 위의 연구들의 결과는 성인들의 곱하기 지식도 문제와 답들 사이의 연합망으로 표상되고 있을 뿐 아니라 더하기 지식과도 연결되어 있으며, 더하기 지식과 마찬가지로 이 연합망을 통한 활성화의 확산을 통해 인출됨을 보여준다.

이러한 형태의 곱하기 지식의 인출은 언제부터 가능해질까 ? Campbell 과 Graham(1985)은 2 학년에서 5 학년까지 아동들에게 곱하기 문제를 제시하고 답을 말하게 했다. 아동들이 오답을 할 때에는 36 이 4 x 8 문제의 답으로 잘못 산출되는 경우와 같이 문제를 구성하는 한 숫자나 또는 두 숫자 모두의 곱인 오답을 말하는 경우가 우연이상으로 많았다. 이러한 종류의 오답은 3 학년에서는 모든 오답의 43%, 4학년에서는 48%와 5학년에서는 69%로 연령이 증가할수록 늘어났다. Campbell과 Graham은 이 결과는 문제가 제시되면 그 문제와 연합되어 있는 모든 답들이 활성화되어 문제와 관련이 있지만 틀린 답이 때로 선택되기 때문이라고 보았다. 이러한 경향은 문제와 같이 제시된 답의 정오를 판단하는 시간을 측정한 연구에서도 역시 발견되었다 (Koshmider & Ashcraft, 1991). 4×2=10과 같이 오답이 문제를 구성하는 어떤 숫자의 곱일 때 아동들의 반응은 4×2=11과 같이 그렇지 않을 때보다 더 느렸다. 그러나 이러한 경향은 단지 중학교 1 학년에서만 나타났고, 5 학년 학생들은 Campbell 등의 연구가 발견한 것처럼 틀린 반응을 더 많이 보였지만 반응은 더 느려지지 않았다. 이 연구의 결과는 국민학교 3 학년에서 곱하기 지식의 연합망이 형성되기는 했지만 문제들과 답들간의 연합이 반응시간에 반영될 정도로 강하지는 않음을 시사하는 것 같다.

실 험 1

실험 1은 앞에서 설명한 Winkelman과 Schmidt(1974)의 연구방법을 사용하여 국민학교 3 학년과 성인들을 대상으로 더하기와 곱하기 지식의 활성화를 평가하기 위해 실시되었다. 즉 더하기 지식의 활성화는 4×3=7 처럼 문제의 합과 같이 제시되는 곱하기 문제에서 또 곱하기 지식의 활성화는 4+3=12 처럼 문제의 곱과 같이 제시되는 더하기 문제에서 평가되었다. 각 시행에서 피험자들은 제시된 답이 맞는지 또는 틀리는지를 판단하고 맞으면 '예', 틀리면 '아니오' 라고 반응하였다.

문제에 답하기 위해서 피험자들은 장기기억에

서 활성화된 node들과 눈 앞에 제시된 답을 비교하고 활성화된 node들 가운데 하나와 제시된 답이 일치하면 '예' 라고 반응하고, 그렇지 않으면 '아니오' 라고 반응한다. 만약 장기기억에서 곱하기 문제의 node들이 문제의 곱뿐 아니라 그 문제들의 합의 node와도 연합을 이루고 있고 또 문제의 node 들에서 이 후보답들의 node 들로 활성화가 자동적으로 확산된다면, 다음과 같은 일이 예상된다. 즉 4×3=7과 같이 문제의 합이 오답으로 제시되는 관련오답 조건에서는 '아니오' 라고 반응해야 함에도 불구하고 문제의 곱인 12와 더불어 합인 7도 활성화되어서 문제와 같이 제시된 오답 7과 일치하므로 '아니오' 라는 피험자들의 반응이 방해를 받을 것이다. 그러나 4×3=11과 같이 문제와 아무 관련이 없는 오답이 제시되는 무관련오답 조건에서는 문제를 보아도 11은 활성화되지 않기 때문에 관련오답 조건에서와 같은 방해는 일어나지 않을 것이다. 따라서 피험자들의 반응은 관련오답 조건에서 무관련오답 조건보다 더 느리고 또 더 부정확할 것이다.

마찬가지로 더하기 문제의 node 가 합의 node 뿐 아니라 곱의 node 와도 연합을 이루고 있다면 위와 같은 논리로 피험자들의 반응은 4+3=12처럼 문제의 곱이 제시되는 관련오답 조건에서 4+3=11처럼 문제와 관련이 없는 오답이 제시되는 무관련오답 조건보다 더 느리고 더 부정확할 것이다.

방 법

피험자. 국민학교 3학년 32명과 대학생 32명이 실험에 참여하였다. 각 연령집단에서 여성과 남성 피험자들의 수는 동일하였다. 국민학생들은 대전의 서부에 위치하고 있는 유촌국민학교에 재학중이었고 대부분의 아동들은 여름방학 동안에 검사되었다. 실험에 참여한 아동들은 모두가 구구단을 완전히 외우고 있었다. 대학생들은 배재대학교에서 심리학개론을 수강하는 학생들로서 과목의 숙제로 실험에 참여하였다.

자극. 이 실험에 참여한 피험자는 모두 192개의 문제를 풀었다. 이 문제를 만들기 위해 1에서 9까지 한 자리 숫자로 구성할 수 있는 숫자의 조합 중 그 합이 12이하인 60개의 조합을 일차로 선택하였다. 이 가운데에서 합과 곱이 같아서 적절한 관련오답을 만들 수 없는 (2,2)와 1을 포함한 16개의 숫자의 조합 (예 : 1, 2 또는 1, 4 등)을 제외한 43 개의 조합을 최종적으로 선택했고 여기에서 (1,1) (3,3) (4,4) (5,5)와 (6,6)을 제외한 나머지 38 개의 조합을 두 세트로 나누었다. 1을 포함한 숫자의 조합을 제외한 이유는 이 조합으로 만들어진 관련오답 문제에 (예 : 4+1=4 또는 4×1=5) 대한 피험자들의 반응이 늦어지는 것이 오답이 다른 조작의 정답이기 때문인지 또는 오답이 정답에 아주 가깝기 때문인지 판단할 수 없어서였다. 두 세트에는 같은 숫자의 조합들이 포함되었지만 각 조합안에서 숫자들의 위치는 세트에 따라 달라졌다. 예를 들어, 4와 2의 순서로 숫자가 한 세트에 포함되어 있다면 다른 세트에는 2와 4의 순서로 포함되었다. 여기에다 두 숫자가 같은 5개의 숫자 조합을 포함시켜 총 24개의 조합으로 하나의 문제 목록을 만들었고 다른 24개의 조합으로 다른 목록을 만들었다.

각 세트에 포함된 24개의 조합은 더하기 문제로 3번, 곱하기 문제로 3번 즉 한 번은 정답과, 다른 두번은 오답과 같이 제시되었다. 전체 실험에서 답이 맞는 문제들과 답이 틀리는 문제들의 수를 같게 하기 위하여 다른 세트에 포함된 24개의 조합이 정답과 같이 한 번 제시되었다. 따라서 각 조작 (더하기와 곱하기)에서 문제는 두 번은 정답과, 두 번은 답과 같이 제시되었다.

더하기의 경우에는 그 합이 9이하인 12문제는 작은 문제로 분류했고, 그 합이 10이상인 12문제

는 큰 문제로 분류하였다. 곱하기의 경우는 그 곱이 16 이하인 11개의 문제는 작은 문제로, 그 곱이 20 이상인 11개의 문제는 큰 문제로 분류하였고 그 곱이 18인 두 문제 가운데 하나는 큰 문제로, 다른 하나는 작은 문제로 분류하였다. 이렇게 해서 더하기와 곱하기에 각각 12개의 큰 문제와 12개의 작은 문제가 있었다.

오답은 두 종류였는데 하나는 관련오답으로 더하기 문제에서는 문제의 곱이었고, 곱하기 문제에서는 문제의 합이었다. 예를 들어, 2 + 4의 관련오답은 8이었고 2×4의 관련오답은 6 이었다. 또 다른 오답은 무관련 오답이었다. 이 실험처럼 피험자들이 답의 정오를 판단하는 과제에서는 오답에 대한 반응은 분할 (정답과 오답의 차이)의 크기에 많이 좌우되어 오답이 정답에 가까울수록 반응이 느려졌다 (Ashcraft, 1987). 이 연구의 가설을 검증하는데 결정적인 두 조건 즉 관련오답 조건과 무관련오답 조건에서는 오답이 제시되므로 두 조건에서 피험자들의 반응에 미치는 분할의 영향이 비슷하게 통제되어야 한다. 각 문제의 관련오답과 분할은 정해져 있으므로 무관련 오답은 가능한 한 관련오답과 비슷한 크기의 분할을 갖도록 했다. 즉 각 조작의 12개의 큰 문제중 여섯 문제의 무관련 오답은 관련오답에 2를 더하여서, 나머지 여섯 문제의 무관련 오답은 관련오답에 2를 빼서 만들었다. 12개의 작은 문제들의 무관련 오답도 동일한 방법으로 만들었다. 무관련 오답을 만들기 위해 관련오답에서 1 이 아니라 2를 빼거나 더한 이유는 답의 정오를 판단하는데 정답이 홀수인지 짝수인지와 또 제시된 오답이 홀수인지 짝수인지가 영향을 미치기 때문에 (Hines, T. M., 1990 ; Krueger, 1986 ; Kreuger & Hallford, 1984) 이를 통제하기 위해서였다.

위에서 밝혔듯이 2개의 문제목록을 만들었고 각 목록에서 문제를 배열할 때 정답이나 오답이 연속 3시행 이상에서 계속되지 않게 하였고 또 같은 조작의 문제가 연속 3시행 이상에서 계속되지 않게 하였다.

절차. 지시문과 문제의 제시, 반응의 기록등 실험의 제반 절차들은 PC 에 의해 통제되었다. 실험은 배재대학교 내의 조용한 방에서 개인별로 실시되었다. 실험이 시작되면 피험자들은 컴퓨터를 통해 실험에 대한 지시를 받은 후, 실험 상황과 컴퓨터의 사용에 익숙해지도록 더하기와 곱하기 연습문제들을 풀었다. 연습문제를 마치고 나면 컴퓨터 모니터의 좌측 상단에 수평으로 a+b=c 또는 a×b=c의 형태로 문제와 답이 제시되어 피험자들이 반응할 때까지 남아있었다. 피험자들은 제시된 답이 정답인지 아닌지를 판단한 후 반응하였다. 각 연령집단에서 반수의 피험자들은 답이 맞으면 컴퓨터 자판의 왼쪽 끝에 있는 Z 자판을, 답이 틀리면 자판의 오른쪽 끝에 있는? 자판을 두번째 손가락을 사용하여 누르게 했다. 나머지 피험자들은 자판을 반대로 사용하였다. 피험자들의 반응이 맞으면 컴퓨터 모니터에 '예' 가 제시되었고 틀렸을 때에는 아무 것도 나타나지 않았다. 반응은 가능한대로 빠르고 정확하게 하도록 지시하였고 매 시행마다 문제가 제시된 순간부터 피험자가 반응할 때까지 경과한 시간 즉 반응잠시 latencies 와 반응의 정오를 컴퓨터로 기록하였다. 64문제가 끝날 때마다 15초 가량의 휴식을 주었다. 문제의 목록이 두개였기 때문에 각 목록으로 피험자들의 반을 검사했다. 아동들은 전체 실험을 완료하는데 약 20분 정도가 걸렸고 성인들은 약 15분이 걸렸다.

결 과

반응잠시. 모든 피험자마다 조작 (더하기와 곱하기), 문제의 크기 (작은 문제와 큰 문제) 와 조건 (정답 1, 정답 2, 관련오답, 무관련오답) 에 따라 16 조건의 평균 반응잠시를 먼저 계산한 후 그 조건의 평균 반응잠시보다 2배 이상 큰 반응잠시를 제외하고 각 조건의 평균 반응잠시를 다시 계

산하였다. 이렇게 한 이유는 그 조건의 전형적 반응이라고 볼 수 없는 극단적인 반응을 제외하기 위해서였다. 이 자료들이 조건별 방해효과와 더불어 표 1에 제시되어 있다.

(1) 모든 조건의 반응잠시에 대한 변량분석 결과

기존의 다른 연구들에서 발견된 결과들이 반복하여 관찰되었는지를 알아보기 위해 표 1에 있는 자료들을 2(연령 : 아동과 성인)×2 (조작 : 더하기와 곱하기)×2(문제의 크기 : 큰 문제와 작은 문제)×2(문제의 종류 : 정답문제와 오답문제) 다원변량 분석으로 일차 분석하였다. 이 분석에서는 표 1에 나타난 네 조건을 분리하여 보지 않고 문제의 종류 즉 정답이 제시된 정답문제와 오답이 제시된오답문제로 구분하여 변량분석을 하였다. 연령은 피험자간 변인이었고, 나머지 세 변인은 피험자내 변인이었다.

변량분석의 결과, 연령의 주효과가 통계적으로 유의하여($F(1,62)=110.78$, $p<.01$) 문제에 대한 성인들의 반응이 아동들의 반응보다 더 빨랐다. 피험자내 변인 가운데에서 조작의 주효과가 유의하였으며($F(1,62)=9.89$, $p<.01$) 조작의 효과는 연령에 따라 달라졌다($F(1,62)=15.59$, $p<.01$). 즉 아동들은 더하기 문제를 곱하기 문제보다 약 400 msec 더 빠르게 푼 반면, 성인들은 곱하기 문제를 더하기 문제보다 45 msec 더 빠르게 풀었다. 이 결과는 Miller 등의 (1990) 결과와도 일치한다. 또한 문제의 크기의 주효과도 유의하여($F(1,62)=33.25$, $p<.01$), 큰 문제들에 대한 반응이 작은 문제들에 대한 반응보다 더 느렸으나, 문제의 크기에 따른 반응시간의 차이는 아동집단에서 237 msec 로서 성인집단의 75 msec 보다 훨씬 더 컸다($F(1,62)=9.04$, $p<.01$.)

표 1. 조작, 문제의 크기와 조건에 따른 아동과 성인의 평균반응잠시와 오반응률

아동

	더하기		곱하기	
	소	대	소	대
정답 1	2373(.08)	2654(.15)	2618(.07)	2198(.09)
정답 2	2296(.09)	2735(.12)	2794(.07)	3215(.12)
관련 오답	2805(.20)	2835(.15)	3306(.13)	3242(.08)
무관련 오답	2839(.06)	2966(.05)	3118(.04)	3207(.04)
방해효과	−34(.14)	−131(.10)	188(.09)	35(.04)

성인

	더하기		곱하기	
	소	대	소	대
정답	1148(.04)	1330(.05)	1153(.04)	1221(.04)
정답 2	1200(.05)	1295(.06)	1178(.02)	1231(.02)
관련 오답	1342(.08)	1331(.06)	1324(.04)	1332(.05)
무관련 오답	1304(.04)	1372(.04)	1192(.03)	1327(.01
방해효과	38(.04)	−41(.02)	132(.01)	5(.04)

* 방해효과는 관련오답 조건의 반응잠시(또는 오반응률) − 무관련 오답 조건의 반응잠시(또는 오반응률)로 계산되었다. 괄호 밖은 반응잠시로 계산한 방해효과이고 괄호 안은 오반응률로 계산된 방해효과이다.

문제의 종류의 주효과도 유의하여($F(1,62)=60.16$, $p<.01$), 오답문제에 대한 반응이 정답문제에 대한 반응보다 200 msec 더 느렸다. 문제의 종류의 효과는 연령 에 따라 달라져서($F(1,62)=16.35$, $p<.01$) 두 종류의 문제에 대한 반응시간의 차이는 성인보다 아동들에서 더 컸다. 문제의 종류의 효과는 문제의 크기에 따라서도 달라져서 ($F(1,62)=31.02$, $p<.01$) 문제의 종류에 따른 반응시간의 차이가 작은 문제에서 더 컸으며, 이러한 경향은 성인보다 아동들에서 더 두드러지게 나타났다($F(1,62)=18.41$, $p<.01$).

다른 연구들 (Ashcraft & Fierman, 1982; Hamann & Ashcraft, 1985; Koshimider & Ashcraft, 1991; Stazyk, Ashcraft, & Hamann, 1982) 에서 전형적으로 밝혀졌듯이, 이 연구에서도 연령과 문제의 크기의 효과가 유의하였고 특히 오답문제에 대한 반응이 정답문제에 대한 반응보다 더 느렸다.

(2) **오답문제들에 대한 반응잠시의 변량분석 결과**

실험 1의 가설을 검증하기 위해 표 1에 제시된 오답문제들의 평균 반응잠시를 2(연령)×2(조작)×2(문제의 크기)×2 (오답의 종류: 관련오답과 무관련 오답) 다원변량 분석으로 분석하였다. 변량분석의 결과, (1)의 분석과 마찬가지로 연령($F(1,62)=123.59$, $p<.01$)과 조작($F(1,62)=9.11$, $p<.01$)의 주효과가 유의하였으며, 또 조작의 효과는 연령에 따라 달라졌다($F(1,62)=14.84$, $p<.01$). 그러나 문제의 크기의 효과는 유의하지 않았는데 이는 (아래에서 밝혀지겠지만) 관련오답과 같이 제시된 작은 문제들에 대한 반응이 관련오답과 같이 제시된 큰 문제들에 대한 반응보다 오히려 더 느렸기 때문에 나타난 것이다.

오답의 종류의 주효과는 유의하지 않았지만 ($F<1$), 오답의 종류의 효과는 문제의 크기에 따라 달라졌다($F(1,62)=5.07$, $p<.05$). 관련오답이 제시된 작은 문제들에 대한 반응이 관련오답이 제시된 큰 문제에 대한 반응보다 81 msec 더 늦어져, 예상한 것처럼 의미있는 방해효과가 관찰되었다. 이와는 대조적으로 큰 문제에 대한 두 조건의 반응시간의 차이가 −33 msec으로서 방해효과가 관찰되지 않았다. 또 오답의 종류의 효과는 조작에 따라서도 달라져서($F(1,62)=10.54$, $p<.01$), 곱하기에서는 두 조건 사이의 반응시간의 차이가 약 90 msec로 의미있는 방해효과가 관찰된 반면, 더하기에서는 그 차이가 −42 msec으로 방해효과가 관찰되지 않았다.

또한 이러한 경향은 피험자들의 성에 따라서도 달라졌다. 피험자들의 성을 피험자간 변인으로 첨가하여 실시한 변량분석의 결과, 연령×성×조작×오답의 종류의 상호작용이 유의하였다($F(1,60)=6.47$, $p<.05$). 아동집단에서는 남녀 피험자 모두 곱하기에서는 유의한 방해효과를 보였다. 남아들의 경우는 방해효과가 110 msec이었고 여아들의 경우는 113 msec이었다. 그러나 더하기의 경우는 남아들은 73 msec의 방해효과를 보인데 반해 여아들은 오히려 238 msec의 촉진효과를 보였다. 즉 문제를 구성하는 두 숫자의 곱이 오답으로 제시된 더하기 문제들에 대한 여아들의 반응은 아무 관련이 없는 오답이 제시된 문제들에 대한 반응보다 오히려 더 빨랐다. 이러한 촉진효과는 소수 여아들의 특이한 반응때문에 나타난 것이 아니라, 전체 여아들의 75%에서 발견되었다. 성인집단에서는 남녀 모두 곱하기 문제에서 각각 95 msec과 33 msec의 방해효과를 보였고, 더하기 문제에서는 유의한 방해효과를 보이지 않았다.

요약하면 가설과 일치하는 방해효과는 작은 문제들과 곱하기 문제들에서 두드러지게 나타났다. 특히 곱하기에서는 아동과 성인들 모두 유의한 방해효과를 보였다. 그러나 더하기에서의 방해효과는 피험자들의 연령과 성이 따라 달라져서 남아들은 방해효과를, 여아들은 촉진효과를, 그리고 성인들은 남성과 여성 모두 유의한 방해효과를 보이

지 않았다.

오반응률. 오반응률에 대한 분석도 반응잠시에 대한 분석과 동일하게 이루어졌다. 그러나 전체 오반응률이 높지 않았기 때문에 아래의 변량분석의 결과는 조심스럽게 해석되어야 한다.

(1) 모든 조건의 오반응률에 대한 변량분석 결과

일부 피험자들이 문제와 답이 모니터에 제시되기 이전에 실수로 반응한 시행이 있어서 이 시행들을 제외하고 오반응률에 대한 분석이 실시되었다. 조건별 피험자들의 오반응률이 표 1의 괄호안에 제시되어 있다. 전체 오반응률은 아동이 약 9.62% 였고, 성인은 약 4.19% 였다. 변량분석 결과, 연령의 효과가 유의하여서($F(1,62)=26.25$, $p<.01$) 아동들이 성인들보다 틀린 반응을 더 많이 보였다. 피험자내 변인들 중 조작의 효과가 유의하여($F(1,62)=17.06$, $p<.01$) 더하기에 대한 오반응이 8.25%로 곱하기에 대한 오반응 5.56% 보다 더 많았다. 또한 문제의 크기×문제의 종류($F(1,62)=13.43$, $p<.01$)와 연령×문제의 크기×문제의 종류($F(1,62)=8.73$, $p<.01$)의 상호작용이 유의하였다. 즉 아동들은 작은 정답문제보다 큰 정답문제에서 오반응을 더 많이 보였으나, 이와는 대조적으로 작은 오답문제에서 큰 오답문제보다 오반응을 더 많이 보였다. 이는 다음의 분석에서 더 분명해지겠지만 관련오답이 제시된 작은 문제에 대한 오반응이 많은데 기인한 것이다. 그러나 성인들의 오반응률에서는 이러한 경향이 나타나지 않았다.

(2) 오답문제들에 대한 오반응률의 변량분석 결과

실험 1의 가설을 검증하기 위해 오답문제들에 대한 오반응률만을 변량분석하였다. (1)의 분석과 마찬가지로, 연령($F(1,62)=13.39$, $p<.01$)과 조작($F(1,62)=25.40$, $p<.01$)의 주효과가 유의하였으나 (1)의 분석과 달리 문제의 크기의 효과가 유의하였다($F(1,62)=4.93$, $p<.05$). 즉 성인보다(약 4.38%) 아동들이(약 9.38%), 또 곱하기보다(약 5.25%) 더하기에서(약 8.5%), 또 큰 문제보다(약 6%) 작은 문제에서(약 7.75%) 오반응이 더 많았다.

중요하게는 가설과 일치하여 오답의 종류의 주효과가 유의하여($F(1,62)=42.92$, $p<.01$) 오반응이 무관련오답 조건보다(약 3.88%) 관련오답 조건에서(약 9.88%) 더 많았다. 두 조건의 오반응률의 차이 즉 방해효과는 성인들에서 2.75%였고 아동들에서 9.25%로 아동들에서 더 컸다($F(1,62)=11.64$, $p<.01$). 또한 조작 x 오답의 종류($F(1,62)=5.25$, $p<.05$)와 연령×조작×오답의 종류($F(1,62)=4.44$, $p<.05$)의 상호작용이 유의하였다. 즉 방해효과는 더하기에서 7.5%로서 곱하기의 4.5% 보다 훨씬 더 컸다. 그러나 연령별로 살펴보았을 때 아동들에서 나타난 방해효과는 더하기에서 12% 였고 곱하기에서 6%로 더하기에서 더 컸으나 성인들에서는 두 조작에서의 방해효과가 각각 3%와 2.5%로서 거의 비슷하였다. 요약하면, 오반응률에 의하면 가설과 일치하는 방해효과가 아동들에서만 나타났고 또 방해효과가 더하기에서 곱하기보다 더 컸으나 성인들에서는 이러한 경향이 나타나지 않았다.

논 의

반응잠시와 오반응률의 분석에서 가설과 일치하나 약간 다른 결과가 나타났다. 우선 반응잠시의 분석에서는 연령에 관계없이 관련오답의 활성화로 인한 방해가 작은 문제들과 곱하기에서 나타났다. 그러나 더하기에서는 성인들은 방해효과를 보이지 않았고 단지 남아들만이 가설과 일치하는 방해효과를 보였다. 반응잠시의 분석결과와는 다르게 오반응률의 분석에서는 성인들은 유의한 방해효과를 보이지 않았고 아동들은 곱하기와 더하기 모두에서 유의한 방해효과를 보였고 방해효과는 곱하기보다 더하기에서 더 컸다.

실험 1의 결과는 미국 아동들과 성인들을 대상

으로 한 실험(Park, Suresh, & Kail, 1988)의 결과와도 유사하다. Park 등의 실험에서도 방해효과는 조작에 따라 달라졌다. 곱하기에서 방해효과는 아동들이 223 msec, 성인들이 85 msec 이었고, 더하기에서는 아동들이 27 msec, 성인들이 30 msec 이었다. 즉 미국 아동들과 성인들도 실험 1의 결과와 마찬가지로 곱하기에서만 유의한 방해효과를 보였다. 비슷한 문제를 사용한 두 실험에서 나라와 연령에 관계없이 동일한 형태의 방해효과가 관찰되었다.

이 실험의 결과는 성인들에서는 곱하기 문제의 node 가 합의 node 와도 연합을 이루고 있고 곱하기 문제에 대한 반응으로 합의 node 도 활성화됨을 보여준다. 또한 한 학기정도 곱하기를 배운 국민학교 3 학년 아동들에서도 성인들과 마찬가지로 더하기 지식들이 곱하기 지식과 연합을 이루고 있고 또 합의 node 가 활성화됨을 보여준다. 실험 1의 결과는 또한 이러한 경향이 문화권에 따라 크게 차이가 없음을 보여준다.

그러나 성인들과 아동들 모두 더하기에서는 가설과 일치하는 방해효과를 보이지 않았다. 이 결과는 더하기에서도 유의한 방해효과를 관찰한 다른 연구 (Winkelman, Schmidt, 1974; Zbrodoff & Logan, 1996)의 결과와 불일치한다. 이 결과는 더하기 문제의 node 가 문제의 곱의 node 와 연합을 이루고 있지 않아서라기 보다는 곱의 활성화로 인해 생기는 방해효과가 억제되었기 때문인 것 같다.

실 험 2

실험 2는 두가지 목적으로 실시되었다. 첫번째 목적은 실험 1에서 사용된 작은 문제들만을 사용하여 실험 1에서 밝혀진 방해효과를 다시 한번 확인하는 것이었다. 두번째 목적은 실험 1에서 밝혀진 방해효과가 문제들의 node를 기점으로 한 활성화의 확산때문에 생겼는지에 대해 보다 직접적인 증거를 얻는 것이었다. 자동적 활성화는 관련된 node들로 확산되면서 빠르게 소멸되는 특성을 가지고 있다 (Neely, 1977). 만약 실험 1에서 밝혀진 방해효과가 피험자들이 사용한 특이한 책략때문이(예를 들어, 피험자들이 관련오답 조건의 문제들은 답하기 전에 한번 더 확인한다거나) 아니라 이 연구에서 가정하듯이 관련오답의 node 가 자동적으로 활성화되었기 때문에 생겼다면 이 방해효과는 시간이 지나면서 빠르게 소멸될 것이다. 즉 문제가 제시되고 오랜 시간이 경과한 후에 관련오답이 제시될 때보다 빨리 제시될 때 방해효과가 더 클 것이다. 왜냐하면 문제가 제시된 직후에는 관련오답의 node들이 여전히 활성화되어 있어서 컴퓨터 모니터에 제시된 관련오답과 일치하여 피험자들의 반응을 방해하지만 시간이 많이 경과한 후에는 관련오답의 활성화가 소멸되기 때문에 피험자들의 반응을 방해하지 않기 때문이다. 실험 1에서는 문제와 답이 동시에 제시되었기 때문에 방해효과를 일으킨 요인들에 대한 직접적인 관찰은 어려웠다. 또 문제와 같이 제시된 답의 존재가 답의 인출과정을 변화시켰을 가능성이 있었다 (Ashcraft, 1992; Zbrodoff & Logan, 1990). 따라서 실험 2에서는 문제가 제시되고 나서 답이 제시될 때까지 경과한 시간 즉 SOA를 150, 540과 930 msec의 세수준으로 변화시키고 방해효과가 SOA에 따라 어떻게 변하는지를 살펴 보았다. 만약 실험 1에서 밝혀진 방해효과가 관련오답들의 활성화때문에 나타났다면 방해효과는 SOA가 짧은 조건에서 더 클 것이다.

방 법

피험자. 실험 1과 마찬가지로 국민학교 3학년 학생들 32명과 대학생 32명이 실험에 참여하였다. 각 연령집단에서 남녀 피험자의 수는 동일하였다. 국민학생들의 대부분은 대전의 서부지역에 소재

한 유촌국민학교와 도마국민학교에 재학중이었다. 대부분의 국민학생들은 여름방학동안에 검사되었고, 일부 학생들은 가을학기에 검사되었다. 대학생들은 실험 1과 마찬가지로 배재대학교에서 심리학 개론을 수강하는 학생들로서 과목의 숙제로 실험에 참가했다.

자극. 실험 2에서는 실험 1에서 사용되었던 작은 문제들만을 자극으로 사용하였다. 이 문제들을 SOA가 150, 540과 930 msec인 조건에서 한번씩 관찰되도록 하였다. 실험 1과 마찬가지로 문제의 목록을 두개 만들었고 각 목록내에서 문제들을 배열할 때 동일한 SOA가 연속 3시행 이상에서 제시되지 않도록 했고 나머지 제한은 실험 1과 같게 하였다.

절차. 자극의 목록이 두개였기 때문에 각 목록으로 반수의 피험자들을 검사했다. 대부분의 실험 절차는 실험 1과 동일하였다. 1/3 의 시행에서는 문제가 제시된 150 msec 후에, 1/3의 시행에서는 540 msec 후에, 나머지 시행에서는 930 msec 후에 문제가 사라지면서 컴퓨터 모니터의 한 줄 아래에 답이 제시되었다. 답은 피험자들이 반응할 때까지 컴퓨터 모니터 위에 남아 있었다. 실험 1처럼 피험자들에게 가능한대로 빠르고 정확하게 반응하도록 지시했다. 매 시행마다 답이 제시된 순간부터 피험자들이 반응할 때까지 걸린 반응잠시와 반응의 정오를 기록하였다. 아동들의 경우는 실험을 완료하는데 약 25분이 소요되었고 성인들은 약 20분이 걸렸다.

결 과

반응잠시. 모든 피험자들마다 SOA(150, 540, 930 msec), 조작(더하기와 곱하기)과 조건(정답 1, 정답 2, 관련오답, 무관련오답)에 따라 극단적인 반응잠시를 제외하고 24 조건의 평균 반응잠시가 계산되었다. 이 자료가 조건별 방해효과와 더불어 표 2에 제시되어 있다. 반응잠시는 실험 1의 자료들과 같은 방법으로 분석되었다.

(1) 모든 조건의 반응잠시에 대한 변량분석 결과

피험자들의 조건별 평균 반응잠시를 2(연령)×3(SOA)×2(조작)×2(문제의 종류) 다원변량분석으로 분석하였다. 변량분석의 결과, SOA 이외의 다른 변인들의 효과는 실험 1의 결과와 유사했다. 따라서 실험 1과 동일한 결과는 설명없이 변량분석의 결과만 기술하겠다. 우선 연령($F(1,62)=65.42$, $p<.01$), 문제의 종류($F(1,62)=154.17$, $p<.01$)의 주효과와 연령×문제의 종류의 상호작용이 유의하였다($F(1,62)=33.17$, $p<.01$). 또 조작×문제의 종류의 상호작용이 유의하여서($F(1,62)=13.15$, $p<.01$), 오답문제와 정답문제에 대한 반응잠시의 차이는 더하기에서 곱하기보다 더 컸으며 이러한 차이는 성인들보다 아동들에서 더 두드러지게 나타났다($F(1,62)=3.83$, $.05<p<.06$).

실험 2에서 조작된 변인인 SOA의 효과를 살펴보자. 우선 SOA 의 주효과가 유의하여($F(2,124)=37.57$, $p<.01$), SOA가 길어질수록 반응잠시가 짧아졌으며 이러한 경향은 성인보다 아동들에서 더 현저했다($F(2,124)=7.35$, $p<.01$). 또한 SOA의 효과는 조작에 따라 달라져서($F(2,124)=3.15$, $p<.05$), SOA 150 msec 에서는 곱하기에 대한 반응이 더하기에 대한 반응보다 더 빨랐으나 SOA 540 msec과 SOA 930 msec에서는 두 조작에 대한 반응잠시에 차이가 없었다. 마지막으로, SOA×조작×문제의 종류의 상호작용이 유의하였다($F(2,124)=5.16$, $p<.01$). 즉 SOA 150 msec 에서는 오답문제와 정답문제에 대한 반응잠시의 차이가 두 조작에서 비슷했지만, SOA가 길어질수록 반응잠시의 차이가 더하기에서는 그대로 유지되었으나 곱하기에서는 현저히 감소했다.

(2) 오답문제에 대한 반응잠시의 변량분석 결과

실험 2의 가설을 검증하기 위하여 오답문제에 대한 반응잠시가 2(연령)×3(SOA)×2(조작)×2(오답의 종류)의 다원변량분석으로 분석되었다.

표 2. SOA, 조작과 오답의 종류에 따른 아동과 성인의 평균반응잠시와 오반응률

아동

	SOA 150		SOA 540		SOA 930	
	더하기	곱하기	더하기	곱하기	더하기	곱하기
정답 1	1684(.25)	1726(.19)	1451(.19)	1574(.15)	1327(.30)	1448(.13)
정답 2	1737(.25)	1578(.16)	1399(.19)	1504(.18)	1246(.15)	1441(.13)
관련 오답	1968(.35)	2030(.19)	1795(.26)	1799(.11)	1662(.25)	1616(.16)
무관련 오답	2137(.16)	1906(.18)	1777(.10)	1677(.13)	1743(.06)	1602(.09)
방해효과	−169(.19)	124(.01)	18(.16)	122(−.02)	−81(.19)	14(.07)

성인

	SOA 150		SOA 540		SOA 930	
	더하기	곱하기	더하기	곱하기	더하기	곱하기
정답 1	902(.07)	903(.06)	765(.08)	824(.03)	817(.19)	795(.03)
정답 2	909(.08)	846(.05)	794(.05)	775(.10)	756(.04)	782(.03)
관련 오답	1080(.17)	1049(.06)	955(.09)	901(.04)	907(.07)	854(.10)
무관련 오답	1008(.08)	969(.04)	863(.04)	835(.05)	919(.02)	845(.05)
방해효과	72(.09)	80(.02)	92(.05)	66(−.01)	−12(.05)	9(.05)

실험 1에 대한 변량분석의 결과와 마찬가지로 연령($F(1,62)=70.74$, $p<.01$), 조작($F(1,62)=9.71$, $p<.01$)의 주효과가 유의하였다. 또한 조작×오답의 종류의 상호작용이 유의하였으나($F(1,62)=5.56$, $p<.05$), 실험 1의 결과와는 달리 이러한 경향은 연령에 따라 달라졌다($F(1,62)=5.44$, $p<.05$). 즉 성인들은 더하기와 곱하기 모두에서 약 50 msec의 방해효과를 보인 반면, 아동들은 곱하기에서만 87 msec의 방해효과를 보였다. 다시말해 성인들은 작은 문제에서는 더하기와 곱하기 모두에서 방해효과를 보였으나 아동들은 실험 1과 마찬가지로 작은 문제라도 곱하기에서만 방해효과를 보였다. 이 결과는 실험 1에서는 큰 문제와 작은 문제가 모두 사용되었지만 실험 2에서는 작은 문제들만 사용되었기 때문에 나타난 것 같다.

또한 (1)의 분석처럼 SOA($F(2,124)=28.38$, $p<.01$)의 주효과와 연령×SOA 의 상호작용이 유의하였다($F(2,124)=4.51$, $p<.05$). 특히 SOA×오답의 종류의 상호작용이 유의하였다($F(2,124)=2.75$, $.05<p<.07$). 이 상호작용이 그림 1에 나타나 있다. 관련오답 조건과 무관련오답 조건에서 나타난 반응시간의 차이는 SOA 150 msec에서는 27 msec이었고, SOA 540 msec에서는 74 msec 그리고 SOA 930 msec 에서는 −17 msec이었다. 즉 관련오답의 활성화로 인한 방해는 SOA가 540 msec일 때 가장 컸다. 이 결과는 SOA가 짧은 조건에서 방해효과가 클 것이라는 예상과 일치한다. 그러나 방해효과가 가장 클 것으로 예상했던 가장 짧은 SOA 즉 150 msec 에서는 유의한 방해효과가 없었다. 또한 연령×SOA×오답의 종류의 상호작용이 통계적으로 유의하지 않은 데에서 나타나듯이($F(2,124)<1$) 이러한 경향은 연령에 따라 달라지지 않았다.

오반응. 개인마다 SOA, 조작과 조건에 따라 24 조건의 평균 오반응률이 계산되어 표 2의 괄호

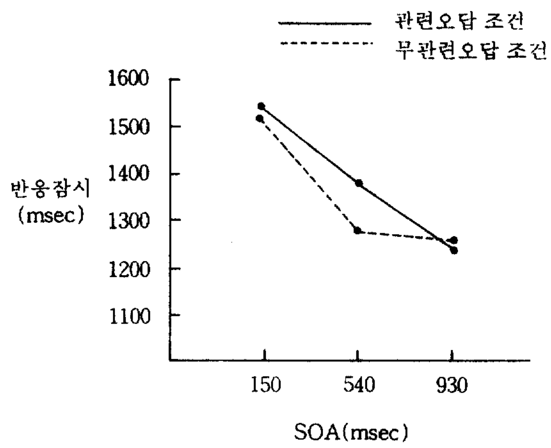

그림 1. SOA×오답의 종류의 상호작용

속에 제시되어 있다. 이 오반응률도 반응시간과 동일한 방법으로 분석되었다.

(1) 모든 조건의 오반응률에 대한 변량분석 결과

전체 오반응률은 아동이 17.96%와 성인 6.75%로 실험 1의 오반응률보다 약간 높았다. 이는 실험 1에서는 문제와 답이 피험자들이 반응할 때까지 남아있었지만 실험 2에서는 문제가 비교적 짧은 시간동안만 컴퓨터 모니터 위에 남아 있었기 때문이다. 변량분석 결과, 실험 1의 오반응률에 대한 분석과 마찬가지로 연령($F(1,62)=44.98$, $p<.01$)과 조작($F(1,62)=34.27$, $p<.01$)의 주효과가 유의하였다. 그러나 실험 1의 결과와는 달리 조작의 효과는 연령에 따라 달라졌다($F(1,62)=5.02$, $p<.05$). 즉 아동들과 성인들 모두 곱하기보다 더하기에서 오반응을 더 많이 보였으나 조작에 따른 오반응의 차이가 아동들에서 더 컸다.

SOA의 주효과도 유의하여서($F(2,124)=23.5$, $p<.01$) SOA 150 msec에서는 오반응이 14.62%로 SOA 540 msec과 930 msec의 약 11% 보다 더 높았다. 그러나 이러한 경향은 성인들보다 아동들에서 더 두드러졌다($F(2,124)=10.26$, $p<.01$). 즉 SOA가 150 msec인 조건에서는 문제가 아주 빨리 사라지므로 피험자들 특히 아동들이 문제가 비교적 오래동안 제시되는 다른 SOA 조건에서보다 오반응을 더 많이 보였다. 또한 SOA×조작($F(2,124)=4.96$, $p<.01$)과 SOA×문제의 종류($F(2,124)=7.19$, $p<.01$)의 상호작용이 유의하였다. 이 상호작용을 살펴보면, 더하기에 대한 오반응이 곱하기에 대한 오반응보다 더 높지만 이러한 경향은 SOA가 짧을 때 더 컸다. 또한 SOA 150 msec에서는 오답문제에 대한 오반응이 정답문제에 대한 오반응보다 더 많았으나 SOA 540 msec과 930 msec에서는 이러한 경향이 역전되었다. 이 이외도 SOA×조작×문제의 종류($F(2,124)=12.34$, $p<.01$)과 연령×SOA×조작×조건($F(2,124)=3.33$, $p<.05$)의 상호작용도 유의하였다.

(2) 오답문제에 대한 오반응률의 변량분석 결과

오답문제에 대한 아동들의 평균 오반응률은 16.58%였고 성인들의 오반응률은 6.75%였다. 변량분석의 결과, 연령($F(1,62)=39.65$, $p<.01$), SOA($F(2,124)=26.79$, $p<.01$), 조작($F(1,62)=28.45$, $p<.01$)의 주효과와 연령×SOA($F(2,124)=6.01$, $p<.01$), 연령×조작($F(1,62)=5.76$, $p<.05$)와 SOA×조작($F(2,124)=7.02$, $p<.01$)의 상호작용이 유의하였다. 이 변인들의 주효과와 상호작용은 (1)의 분석결과와 동일하였기 때문에 더 설명하지 않겠다.

또한 오답의 종류($F(1,62)=60.49$, $p<.01$)의 주효과와 연령×오답의 종류($F(1,62)=10.85$, $p<.01$), 조작×오답의 종류($F(1,62)=31.51$, $p<.01$), 연령×조작×오답의 종류($F(1,62)=10.27$, $p<.01$)의 상호작용이 유의하였다. 실험 1과 마찬가지로 방해효과가 곱하기보다 더하기에서 더 컸고, 이러한 경향은 성인들보다 아동들에서 더 두드러졌다.

가설과 직접적으로 관련된 오답의 종류와 SOA간의 관계에 대한 분석결과를 살펴 보겠다. 우선

SOA×오답의 종류($F(2,124)=5.63$, $p<.01$)과 SOA×조작×오답의 종류($F(2,124)=3.17$, $p<.05$)의 상호작용이 유의하였다. 이 상호작용을 살펴 보면, 더하기에서는 SOA 150 msec, 540 msec와 930 msec에서 방해효과가 각각 14%, 11%와 12%로 SOA 150 msec에서 가장 컸다. 곱하기에서는 방해효과가 SOA 150 msec와 960 msec에서 각각 1%와 6% 정도였고 SOA 540 msec에서는 거의 없었다. 곱하기에서는 가장 긴 SOA에서 방해효과가 가장 컸다. 예상과는 달리 오반응으로 평가된 방해효과는 SOA에 따라 감소하지 않았다.

논 의

반응잠시와 오반응률의 분석에서 실험 1과 마찬가지로 가설과 일치하는 결과가 발견되었다. 반응잠시의 분석에서 실험 1과 마찬가지로 다른 조작의 답의 활성화로 인한 방해효과가 관찰되었다. 그러나 실험 1과는 달리 실험 2에서는 성인들이 더하기와 곱하기 모두에서 방해효과를 보였으며 아동들은 실험 1과 마찬가지로 곱하기에서만 유의한 방해효과를 보였다. 더 중요하게 방해효과는 SOA 150 msec 을 제외하고는 짧은 SOA 조건에서 더 컸다. 오반응률의 분석에서도 실험 1과 마찬가지로 유의한 방해효과가 관찰되었으며 방해효과는 곱하기보다는 더하기에서 더 컸고 또 성인들보다는 아동들에서 더 컸다. 그러나 반응잠시와는 달리 오반응률로 평가한 방해효과는 SOA 에 따라 체계적으로 감소하지 않았다.

실험 2의 결과는 실험 1에서 관찰된 방해효과가 문제의 node 를 기점으로 하여 활성화가 문제와 관련된 오답의 node 들로 자동적으로 확산되기 때문에 나타났음을 시사한다. 특히 각 SOA 조건에서 동일한 문제들이 사용되었다는 사실을 고려할 때 SOA 에 따른 방해효과의 차이는 각 SOA 에서 제시된 문제의 차이때문에 나타난 것은 아님이 분명하다.

그러나 가장 짧은 SOA 즉 150 msec 에서 방해효과가 가장 커야함에도 불구하고 유의한 방해효과가 없었다. 표 2에 제시된 SOA 150 msec 에서 연령에 따른 조건별 방해효과를 살펴보자. 아동들은 곱하기에서 124 msec 의 방해효과를 보였으나 더하기에서는 169 msec의 촉진효과를 보였다. 성인들은 더하기와 곱하기에서 비슷한 72 msec의 방해효과를 보였다. 즉 아동들의 더하기이외의 세 조건에서 유의한 방해효과가 관찰되었다. 따라서 SOA 150 msec에서 유의한 방해효과가 관찰되지 않은 것은 아동들이 더하기에서 커다란 촉진효과를 보여서 다른 조건에서 나타난 방해효과를 상쇄했기 때문이었다.

실험 2의 결과는 미국아동과 성인들을 대상으로 한 실험의 결과(Park, Suresh, & Kail, 1989)와 약간 차이가 있었다. Park 등의 연구에서는 SOA를 두 수준 즉 120 msec와 960 msec으로 조작했는데 성인들에서만 SOA에 따라 방해효과가 감소하였고 아동들에서는 감소가 나타나지 않았다. 아동들은 SOA 960 msec에서만 유의한 방해효과를 보였다. 실험 2의 결과와 Park 등의 연구 결과의 차이는 두 연구에서 사용한 문제들의 차이로 설명할 수 있다. Park 등의 연구에서는 그 합이 11 이하인 더하기 문제들과 그 곱이 30 이하인 곱하기 문제들을 사용하였다. 그러나 실험 2의 더하기에서는 그 합이 9 이하인 문제들과 곱하기에서는 그 곱이 18 이하인 문제들 즉 작은 문제들만 사용했다. 이처럼 실험 2에서는 아동들과 성인들이 비교적 많이 경험하여 곱하기 문제의 node와 합의 node 또 더하기 문제의 node와 곱의 node 간의 연합이 강한 작은 문제들을 사용하였기 때문에 비교적 짧은 SOA 조건에서 방해효과가 관찰된 것 같다.

종합논의

이 연구는 한국아동들과 성인들에서 산수지식이 어떤 형태로 표상되어 있으며 또 표상된 정보들이 어떻게 access 되는지를 밝히기 위해 실시되었다. 실험 1 에서는 더하기와 곱하기 문제와 제시되는 오답을 관련오답과 무관련오답으로 조작하여 이에 대한 피험자들의 반응을 비교하였고, 실험 2 에서는 문제와 답들간의 SOA 를 세 수준으로 조작하여 실험 1 에서 관찰된 방해효과가 SOA 에 따라 어떻게 변하는지를 살펴보았다.

실험 1 에서 가설과 일치하는 방해효과가 곱하기에서는 연령에 관계없이 관찰되었다. 또 방해효과는 주로 작은 문제들에서 두드러지게 나타났다. 실험 2 에서는 실험 1 에서 관찰한 방해효과가 반복관찰되었으나 실험 1 과는 달리 성인들에서는 더하기와 곱하기에서 모두 방해효과가 관찰되었고 더 중요하게는 이 방해효과가 SOA 가 긴 조건에서는 사라졌다. 이 결과는 크게 두 가지점을 시사하고 있다. 첫째, 성인들에서는 곱하기 문제들과 그 문제들의 합도 연합을 이루고 표상되어 있고, 더하기 문제들과 그 곱이 연합을 이루고 표상되어 있다는 점이다. 둘째, 곱하기 문제의 답을 인출하는 과정에서 문제와 연합되어 있는 합도 동시에 활성화될 뿐 아니라 더하기 문제의 답을 인출하는 과정에서 문제와 연합을 이루고 있는 곱도 동시에 활성화된다는 점이다. 따라서 다른 연구에서 밝혀진 것과 마찬가지로 (Geary & Widaman, & Little, 1986) 이 실험의 결과들은 작은 문제에 대한 더하기 지식과 곱하기 지식은 성인들에서는 상호연결된 연합망의 형태로 장기기억에 표상되어 있음을 보여줄 뿐 아니라 이 정보들이 문제의 node 를 기점으로 한 활성화의 자동적 확산의 과정을 통해 인출된다고 보는 기존의 많은 model 들의 예언을 지지하고 있다.

또한 이 연구의 결과들은 이러한 상호연결된 연합망의 형태로 산수지식의 표상이 국민학교 3 학년 즉 아동들이 곱하기를 배우는 초기 학습과정에서 부터 작은 문제들을 중심으로 형성되기 시작함을 시사한다. 그러나 곱하기와는 달리 아동들은 작은 더하기 문제에서 방해효과를 보이지 않았다. 아동들이 곱하기에서는 합의 활성화로 인한 방해효과를 보인 결과에 비추어 볼 때 아동들에서 더하기 문제의 node 와 곱의 node 가 연합을 이루지 않고 있다는 결론을 내리기 어렵다. 이 결과는 두 가지 관점에서 설명할 수 있다. 첫째, 이 결과는 아동들이 더하기를 배운 학습의 과정과 관계가 있을 수 있다. 더하기를 처음 배울 때에는 손가락 세기 또는 최소숫자책략과 같은 연산법을 사용하고 연산법의 사용으로 문제와 답들사이의 연합이 충분히 강해지면 그때부터 비로소 인출을 사용하게 된다. 따라서 아동들은 더하기 문제를 풀기 위해서 인출과 연산법의 두가지 책략을 사용할 수 있다. 만약 아동들이 틀리지 않으려는 조심성때문에 인출보다 연산법을 사용하여 문제의 답을 먼저 계산한 후, 제시된 답과 비교했다면 가설에서 예상하는 방해효과가 나타나지 않을 수 있다. 또 가능한 다른 설명은 아동들의 기억에서 문제와 문제의 합이 곱보다 더 강하게 연합되어 있을 가능성이다. 3 학년 아동들은 곱하기를 배운지 얼마 안 되지만 더하기는 상당히 오랜 기간동안 배워왔다. 따라서 문제를 구성하는 두 숫자와 그합의 연합강도가 문제를 구성하는 두 숫자와 그 곱의 연합강도보다 훨씬 더 강할 것이다. 따라서 4+2=8과 같은 문제가 제시되면 정답인 6의 node가 그 곱인 8의 node 보다 훨씬 더 강하게 활성화되기 때문에 가설에서 예상하는 방해효과를 관찰할 수 없을 지 모른다. 곱하기 문제에 대한 경험이 많아질수록 문제와 그 곱 사이의 연합이 강해져서 문제와 합, 또 문제와 곱사이의 연합의 상대적 강도가 비슷해지면 성인들에서 관찰된 것처럼 더하기에서도 방

해효과가 나타나는 것 같다.

본문에서 언급되었듯이 거의 동일한 절차와 자극을 사용하여 미국아동들과 성인들을 조사한 연구 (Park, Suresh, & Kail, 1989) 와 이 연구의 결과는 여러가지 일치점을 보이고 있다. 성인들에서는 나라에 관계없이 곱하기에서 관련오답으로 인한 방해효과가 나타났고 이 방해효과는 문제와 답 사이의 SOA 에 따라 감소하였다. 이 결과는 문화권에 관계없이 성인들의 산수지식은 비슷한 형태로 표상되고 또 같은 과정을 통해 access 됨을 시사한다. 이 연구에서는 문화권에 관계없이 사람들이 많이 경험하는 비교적 작은 문제들만을 사용하였기 때문에 이 연구에서 사용되지 않은 큰 문제들에 대한 정보의 표상과 그 정보를 access 하는 과정이 문화권에 따라 어떻게 차이가 있는지 밝히지 못하는 제한점을 가지고 있다. 어쩌면 문화권에 따른 차이는 작은 문제들보다 문화권에 따라 문제를 경험하는 정도가 다를 수 있는 큰 문제들에서 더 두드러질지 모른다. 그러나 아동들의 자료는 약간 차이가 있었다. 우선 관련오답으로 인한 방해효과는 곱하기에서 미국과 한국 아동들에서 모두 관찰되었으나 한국 아동들에서는 성인들과 마찬가지로 방해효과가 SOA 에 따라 감소하였지만 미국 아동들에서는 긴 SOA 에서만 방해효과가 나타났다. 이는 앞의 논의에서 지적했듯이 두 연구에서 사용된 문제들의 차이로 돌릴 수도 있지만 다른 한편으로는 한국아동들보다 미국아동들에서 문제의 node 와 후보답들간의 node 들간의 연합이 약해서 소정의 방해효과가 나타나는데 더 시간이 걸렸을 가능성도 시사한다. 따라서 미국아동들과 한국아동들에서 SOA 효과가 이렇게 차이가 나는 이유는 추후연구에서 더 밝혀져야한다.

마지막으로 지적하고 싶은 것은 이 연구에서는 방해효과가 비교적 작은 문제들에서만 발견되었다는 점이다. 이 결과는 작은 문제와 큰 문제를 모두 사용하여 유의한 방해효과를 발견한 Zbrodoff 와 Logan(1986)는 연구와 작은 문제보다 오히려 큰 문제에서 유의한 방해효과를 발견한 Hamann 과 Ashcraft(1985)의 연구결과와 불일치한다. 따라서 이 연구의 결과가 많은 모델에서 가정하는 것과는 달리 더하기와 곱하기 지식의 상호연결은 비교적 작은 문제들에만 국한된 현상임을 보이는 것인지 또는 이 연구에서 사용한 연구 방법 즉 관련오답의 활성화로 조작들간의 연합을 평가하는 방법이 큰 문제들에서 나타나는 방해효과를 평가하는데 적합하지 못하기 때문인지 분명하지 않다. 이 연구에서 사용된 방법에서는 문제의 크기가 커질수록 관련오답의 분할이 상당히 커지기 때문에 (예 : 9+9=81 또는 9×9=18) 피험자들이 인출이 아닌 다른 책략을 사용하여 문제를 풀 가능성이 크다. 따라서 큰 문제들에서는 관련오답의 활성화로 인한 방해효과를 정확히 평가하지 못하는 문제점이 있다. 따라서 앞으로의 연구에서는 관련오답의 활성화를 더 예민하게 평가할 수 있는 방법의 모색되어야 한다고 생각된다. 특히 대부분의 현대의 산수지식에 대한 모델들이 더하기와 곱하기 지식의 상호연결성을 가정하고 있기 때문에 큰 문제들에서의 방해효과에 대한 평가가 이 모델들의 타당성을 밝히는데 필요하다고 본다.

참 고 문 헌

Ashcraft, M. H. (1987). Children's knowledge of simple arithmetic : A developmental model and simulation. In J. Bisanz, C. J. Brainerd., & R. Kail(Eds.), *Formal methods in developmental psychology*. New York : Spring-Verlag.

Ashcraft, M. H. (1992). Cognitive arithmetic : A review of data and theory. *Cognition, 44*, 75-106.

Ashcraft, M. H. (1982). The development of mental arithmetic : A chronometric approach. *Developmental Review, 2*, 213-236.

Ashcraft, M. H., & Battaglia, J. (1978). Cognitive arithmetic : Evidence for retrieval and decision processes in mental addition. *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory, 4*, 527-538.

Ashcraft, M. H., & Fierman, B. A. (1982). Mental addition in third, fourth, and sixth graders. *Journal of Experimental Child Psychology, 33*, 216-234.

Ashcraft, M. H., & Stazyk, E. H. (1981). Mental addition : A test of three verification models. *Memory & Cognition, 9*, 185-196.

Campbell. J. I. D. (1987). Network interference and mental multiplication. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 13*, 109-123.

Campbell. J. I. D. (1991). Condition of error priming in number-fact retrieval. *Memory & Cognition, 19*, 197-209.

Campbell. J. I. D., & Graham, D. J. (1985). Mental multiplication skill : Structure, process, and acquisition. *Canadian Journal of Psychology*, 338-366.

Cooney, J. B., Swanson, H. L., & Ladd, S. F. (1988). Acquisition of mental multiplication skill : Evidence for the transition between counting and retrieval strategies. *Cognition & Instruction, 5*, 323-345.

Geary, D. C., Brown, S. C., & Samaranayake, V. A. (1991). Cognitive addition : A short longitudinal study of strategy choice and speed-of-processing differences in normal and mathematically disabled children. *Developmental Psychology, 27*, 787-797.

Geary, D. C., Widaman, K. F., & Little, T. D. (1986). Cognitive addition and multiplication : Evidence for a single memory network. *Memory and Cognition, 14*, 478-487.

Groen, G. J., & Parkman, J. M. (1972). A chronometric analysis of simple addition. *Psychological Review, 79*, 329-343.

Hamann, S. H., & Ashcraft, M. H. (1985). Simple and complex mental addition across development. *Journal of Experimental Child Psychology, 40*, 49-72.

Hines, T. M. (1990). An odd effect : Lengthened reaction times for judgements about odd digits. *Memory and Cognition, 18*, 40-46.

Kantowitz, B., & Wingert, P. (1992, Feb.). An 'F' in world competition, *Newsweek*, p. 51.

Kaye, D. B., Post, T. A., Hall, V. C., & Dineen, J. T. (1986). Emergence of information-retrieval strategies in numerical cognition : A developmental study. *Cognition and Instruction*, 127-150.

Koshmider, J. W., & Ashcraft, M. H. (1991). The development of children's mental multiplication skills. *Journal of Experimental Child Psychology, 51*, 53-89.

Kreuger, L. E. (1986). Why 2×2=5 looks so wrong : On the odd-even rule in product verification. *Memory and Cognition, 14*, 141-149.

Kreuger, L. E., & Hallford, E. W. (1984). Why 2+2=5 looks so wrong : On the odd-even rule in sum verification. *Memory* *and cognition, 12*, 171-180.

LeFevre, J., & Bisanz, J. (1987, April). Cognitive arithmetic : Evidence for the development of automaticity. *Presented at the biennial meeting of the Society for Research in Child Development*, Baltimore.

LeFevre, J., Bisanz, J., & Mrkonjic, L. (1988). Cognitive arithmetic : Evidence for obligatory activation of arithmetic facts. *Memory & Cognition, 16*, 45-53.

LeFevre, J., Kulak, A. G., & Bisanz, J. (1991). Individual differences and developmental changes in the associative relations among numbers. *Journal of Experimental Child Psychology, 52*, 256-274.

Miller, K. F., & Paredes, D. R. (1990). Starting to add worse : Effects of learning to multiply on children's addition. *Cognition, 37*, 213-242.

Miller, K. F., & Stigler, J. W. (1987). Counting in Chinese : Cultural variation in a basic cognitive skill. *Cognitive Development, 2*, 279-305.

Miura, I. T., & Okamoto, Y. (1989). Comparisions of U. S. and Japanese first graders' cognitive representation of number and understanding of place value. *Journal of Education Psychology, 81*, 109-113.

Neely, J. H. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory : Roles 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 retrieval of mental addition and multiplication. *Paper presented at the meeting of Midwestern Psychological Association*, Chicago.

Siegler, R. S., & Shrager, J. (1984). Strategy choices in addition and subtraction : How do children know what to do? In C. Sophian(Ed.), *Origin of cognitive skills*. Hillsdale, N. J. : Erlbaum.

Song, M., & Ginsburg, H. P. (1987). The development of informal and formal mathematical thinking in Korean and U. S. children. *Child Development, 58*, 1286-1296.

'Stazyk, E. H., Ashcraft, M. H., & Hamann, M. S. (1982). A network approach to mental multiplication. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 8*, 320-335.

Stigler, J. W., Lee, S., & Stevenson, H. W. (1986). Digit memory in Chinese and English. *Cognition, 23*, 1-20.

Stigler, J. W., Lee, S., & Stevenson, H. W. (1987). Mathematics classroom in Japan, Taiwan, and the United States. *Child Development, 58*, 1272-1285.

Wolters, G., Beishuizen, M., Broers, G., & Knoppert, W. (1990). Mental arithmetic : Effects of calculation procedures and problem difficulty on solution latency. *Journal of Experimental Child Psychology, 49*, 20-30.

Winkelman, J. H., & Schmidt, J. (1974). Associative confusions in mental arithmetic. *Journal of Experimental Psychology, 102*, 734-736.

Zbrodoff, N. J., & Logan, G. D. (1986). On the autonomy of mental process : A case study of arithmetic. *Journal of Experimen-*

tal Psychology : General, 115, 118-130.

Zbrodoff, N. J., & Logan, G. D. (1990). On the relation between production and verification tasks in the psychology of simple arithmetic. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 16*, 83-97.

韓國心理學會誌 : 發達
Korean Journal of Developmental Psychology
1994. *Vol. 7, No. 1, 77−97.*

Development of Retrieval of Arithmetic Facts in Korean Children and Adults

Young−Shin Park

Pai Chai University

This study is intended to examine the development of retrieval of arithmetic facts in Korean children and adults. In Experiment 1, addition and multiplication problems were presented with three kinds of answers: correct answers, related incorrect answers (products for addition problems and sums for multiplication problems) or unrelated incorrect answers. Children in grade 3 and college students determined if the stated answer was correct. Children's and adults' responses to multiplication problems were slower and less accurate when the problems were presented with related incorrect answers than when the problems were presented with unrelated incorrect answers. In Experiment 2, the answers followed presentation of the small problems by 150, 540 or 930 msec. Children in grade 3 and college students determined if the stated answer was correct. Adults's responses to addition and multiplication problems were slower and less accurate when the problems were presented with related incorrect answers than when presented with unrelated incorrect answers. Children's responses showed a same trend only in multiplication. More importantly, interference effect was greatest at a SOA of 540 msec. The results of Experiment 1 and 2 suggest that arithmetic knowledge is represented in the associative network of related nodes and accessed by means of the spreading of activation through this network as was suggested in many current models.