

## 정보처리 속도의 발달\*

박 영 신

배재대학교 유아교육과

이 연구에서는 정보처리 속도의 발달을 다룬 연구들을 살펴 봄으로써 정보처리 속도가 연령에 따라 어떻게 발달하는지, 또 이러한 발달을 일으키는 요인들이 무엇인지를 살펴 보았다. 개개 정보처리 과정을 다룬 연구들에 의하면, 정보처리 속도는 국민학교 시기에 크게 발달하여 초기 청소년기가 되면 거의 성인의 수준에 이르며 그 이후에는 별로 발달하지 않았다. 이러한 경향은 여러 정보처리 과정들을 동시에 고려하여 정보처리 속도의 발달곡선을 다룬 연구에서도 반복 관찰되었다: 정보처리 과정의 종류에 관계없이 정보처리 속도는 거의 비슷한 형태로 발달하였다. 이러한 변화는 변화를 즉 쇠퇴매개변수가 고정된 지수함수에 의하여 가장 잘 기술되었다. 또한 여러 과제에서 아동들의 반응시간은 성인들의 반응시간의 직선함수로 정확하게 예언되었으며, 아동들과 성인들의 반응시간 사이의 상관계수는 .90 이었다. 한 과제에서의 정보처리 속도를 통제 한 후에 연령이 여러 과제에서의 정보처리 속도를 설명하는 정도가 70 % 에서 90 % 정도로 크게 감소하였다. 이 결과는 정보처리 속도의 발달이 (특수한 과정, 과제 또는 영역에 국한하여 일어나는 특수한 변화와 더불어) 어떤 일반적인 변화에 의해 통제되고 있음을 시사한다.

### I. 서론

아동들과 성인들, 또는 연령이 다른 아동들은 다양한 인지적 측면에서 차이가 있다. 몇몇 예를 들자면 나이가 많아질수록 아동들은 인지 과제에서 더 발전된 책략을 사용한다. 예를 들면, 어린 아동들은 잘 기억하기 위해 한 항목만 반복해서 시연하지만 나이가 많은 아동들은 이전에 제시된 여러 개의 항목들을 동시에 반복하여 더 많은 항목들을 기억한다 (Ornstein, Naus, & Liberty, 1975). 또한 나이가 많아질수록 아동들의 상위인지 지식이 더 증가한다. 예를 들어, 유치원 아동들은 자신들이 기억할 수 있는 정도를 정확하게 평가하지 못하고, 실제 몇 개 밖에 기억하지 못함에도 불구하고 10 개의 정보를 기억할 수 있다고 자신들의 기억 능력을 잘못

평가하지만 나이가 들수록 기억능력에 대한 아동들의 평가가 점점 더 현실적이 된다 (Flavell, Friedrich, & Hoyt, 1970). 또한 나이가 들수록 여러 영역에 대한 일반적 지식이 증가한다.

인지적 책략, 상위인지 지식, 일반적 지식 이외에 연령에 따라 차이를 보이는 또 다른 인지적 측면은 정보처리의 기초능력 (basic capacity) 이다. 앞에서 언급한 세가지 요인들이 컴퓨터의 소프트웨어에 해당한다면, 정보처리의 기초능력은 컴퓨터의 하드웨어에 해당하는 것으로서 작용기억 용량이 이에 속한다. 작용기억의 용량은 작용기억 안에 저장할 수 있는 정보의 양을 말하는데, 나이가 들수록 작용기억의 용량이 증가한다 (Dempster, 1981). 또 다른 정보처리의 기초능력은 정보를 처리하는 속도이다.

\*본 논문은 1995학년도 배재대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 것임

정보처리 속도란 “개개 인지과정을 실행하는데 걸리는 시간으로서 그와 관련이 있는 다른 말초적인 과정들 (예: 언어적 반응 또는 운동적 반응) 의 실행 시간을 제외한 시간” (time to implement and execute cognitive processes, independent of the time to execute associated peripheral processes) 을 말한다 (Kail, 1986, p.969). 예를 들어, 어떤 사람에게 4 x 4 라는 문제를 보여주고 답하게 하면 일정한 시간이 경과한 후에 16 이라고 답한다. 4 x 4 란 자극이 제시된 순간부터 16 이라는 반응이 나오기까지 외부에서 관찰할 수는 없지만 정보에 대해 다양한 작용이 이루어진다: 우선 4 x 4 란 자극을 보고 부호화하고, 장기기억 속에 저장되어 있는 곱하기 지식들에 접근하여 문제의 답을 인출하고, 마지막으로 인출된 답을 말한다. 이 일련의 과정들이 정보처리의 과정이고, 정보처리의 속도란 이 개개 과정들이 실행되는데 걸린 시간을 말한다.

1960년대 후반부터 이미 드물기는 하지만 다양한 연령의 아동들을 대상으로 한 반응시간의 연구들이 시작되었다. 가장 대표적인 연구는 1974 년의 Wickens 의 연구로서 그는 최초로 당시까지 이루어진 이 분야의 발달적 연구들에 대한 고찰 보고서 (review paper) 를 발표했다. 그 이후 거의 20 년에 걸쳐 정보처리 속도의 발달에 대해 아주 많은 연구들이 이루어져 왔다. 초기의 연구들은 주로 개개 정보처리 과정들이 실행되는 시간이 연령에 따라 어떻게 변화하는가를 밝히려 하였다면, 최근의 연구들은 주로 이러한 변화를 일으키는 기제가 무엇인지를 밝히려 하고 있다.

이 연구의 전반부에서는 초기의 일부 연구들을 고찰함으로써 정보처리 속도가 연령에 따라 어떤 형태로 발달하는지를 검토하고, 후반부에서는 최근에 이루어지고 있는 연구들을 중심으로 정보처리 속도의 발달에 영향을 미치는 요인들을 살펴보고자 한다.

인간의 정보처리에 대한 연구들은 인간인지 일반에 대해 아래와 같은 가정을 하고 있다 (Kail 과 Bisanz, 1982, 1992). 첫째, 이 입장에서는 인지현상은 관찰할 수 있는 자극과 반응 사이를 매개하는 정신과정 (mental processes) 과 표상 (representation) 으로 기술될 수 있고 또 설명될 수 있다고 본다. 즉 정보는 내적으로 표상되며, 표상된 정보들은 정신과정들에 의해 실제 시간 안에서 조작된다고 본다. 둘째, 비교적 소수의 정신과정들 즉 기초과정들이 모든 인지활동을 만들어낸다고 본다. 인간의 정신활동을 구성하는 기초과정의 종류와 수에 대해서는 다양한 의견들이 있지만, 부호화, 기억탐색, 시각적 탐색, 심적회전, 심적가산 (Chase, 1978) 등이 중요한 기초과정으로 생각된다. 셋째, 이 기초과정들은 독립적으로 작용하는 것이 아니라 서로 다양한 조직으로 구조화되어 여러가지 복잡한 인지활동을 만들어 낸다.

이런 가정하에서 운동반응시간과 같은 모든 말초적 과정들을 제외한 순수한 정보처리 과정들을 평가할 수 있는 과제가 고안되고, 이 과제를 수행하는데 걸리는 시간이 1/1000 초 단위로 측정된다. 다음 그 과제가 수행되는 방식에 대한 연구자들의 가정 즉 모델을 사용하여 측정된 시간을 분석 (decompose) 하여 각 과제가 목적으로 하고 있는 정보처리 과정이 실행되는데 걸린 시간을 추정한다.

위의 가정들에 덧붙여, 정보처리 속도의 발달을 검토하는 연구들은 연령에 관계없이 아동들도 주어진 과제를 성인들과 동일한 방식으로 해결한다고 가정한다. 따라서 성인들을 대상으로 고안된 과제들을 그대로 여러 연령층의 아동들에게 실시한 후 그 과제가 추정하는 정보처리 과정의 실행속도를 연령에 따라 비교한다. 아래에서는 특히 많은 관심의 대상이 되어온 정보처리 과정들 즉 기억탐색, 심적회전과 기억인출을 다룬 연구들을 중심으로 정보처리 속도의 발달을 살펴 보겠다.

## II. 정보처리 속도의 발달

### 1. 기억탐색

기억탐색 (memory search) 과제는 단기기억 안에 있는 정보들이 탐색되는 속도를 측정하기 위해 Sternberg (1967) 에 의해 고안되었다. 이 과제에서는 여러 개의 글자나 숫자로 구성된 기억세트가 제시되었다가 사라진 후 하나의 숫자나 글자가 탐사 자극으로 제시된다. 기억세트의 크기 즉 기억세트로 제시되는 숫자나 글자의 수는 시행마다 달라진다. 피험자들은 나중에 탐사자극으로 제시된 숫자나 글자가 기억세트에 있었는지 또는 없었는지를 가능한 대로 빠르고 정확하게 판단한다. 매 시행에서 탐사 자극이 제시된 순간부터 피험자들이 반응할 때까지 경과된 시간이 측정된다. 반응시간은 기억세트의 크기에 따라 직선적으로 증가했다: 즉 기억세트에 제시된 자극이 많을수록 탐사자극에 대해 판단하는데 더 오랜 시간이 걸렸다. 기억세트의 크기와 반응시간 사이의 관계를 나타내는 직선함수의 기울기는 기억탐색의 속도 즉 기억세트에 있었던 자극들과 탐사자극이 비교되는 데 걸린 시간을 나타내며, 절편은 다른 과정들 즉 탐사자극을 부호화하고, 탐사 자극이 기억세트에 있었는지 없었는지를 결정하고, 자신의 결정을 반응으로 표현하는데 걸린 시간의 합을 나타낸다. 성인들을 대상으로 한 연구에서 직선함수의 평균 기울기는 36 msec 이었고, 평균 절편은 372 msec 이었다. 이는 성인들이 1 초동안 단기기억에 있는 약 28 개의 정보 (단기기억에 이렇게 많은 정보를 저장할 수 없지만, 만약 저장할 수 있다면) 를 탐색할 수 있음을 의미한다.

많은 연구들에서 기억탐색 속도의 발달이 검토되었으나 이 연구들은 기억탐색 속도의 발달에 대해서도 일치하지 않는 결과를 보이고 있다. 일부 연구들은 기억탐색 속도가 연령에 따라 빨라짐을 보이고 있으며 다른 연구들은 기억탐색 속도가 연령에 따라 변하지 않는다는 상반된 결과를 보이고 있다. 이 두 그룹의 연구들을 차례로 검토하겠다. Hoving, Morin, 과 Konick (1970) 은 유치원 아동, 4 학년 아동들과 대학생들을 대상으로 아주 익숙한 물체들 (망치, 개, 셔츠) 의 그림을 자극으로 하여

기억탐색 속도의 차이를 검토하였다. 기억세트의 크기는 2,3,4 항목이었다. 전체 반응시간은 연령이 증가함에 따라 체계적으로 감소했다. 기억탐색속도를 나타내는 기울기는 세 연령집단 각각 30.1 msec, 30.1 msec 와 26.7 msec 이었고 이 기울기들은 통계적으로 서로 유의하게 차이가 없었다. 이는 아동들, 심지어 유치원 아동들과 성인들이 익숙한 물체들의 이미지를 거의 같은 속도로 탐색함을 시사한다. 이와 유사한 결과가 상정들 (Silverman, 1974), 숫자 (Harris & Fleer, 1974; Keating & Bobbitt, 1978; Maisto & Baumeister, 1975) 와 간단한 사물의 도형 (Maisto & Baumeister, 1975) 을 사용한 연구에서도 발견되었다. 이처럼 기억탐색 속도가 연령에 따라 차이가 없는 것은 부분적으로는 사용된 자극이 친숙한 정도가 다르기 때문인 것 같다. 즉, 아주 친숙한 자극들은 아동들도 쉽게 처리할 수 있기 때문에 아동들의 기억탐색 속도를 떨어뜨렸을 가능성이 있다. 이러한 해석은 Baumeister 와 Maisto 의 연구 (1977) 에 의해 지지되었다. 그들은 두 종류의 자극들 즉 무선적 형태와 친숙한 물건들의 그림을 사용하여 기억탐색 속도를 비교하였다. 의자, 빗자루, 차와 같은 친숙한 자극을 사용했을 때 기억탐색 속도는 연령에 따라 유의한 차이가 없었지만 무선적 형태에 대한 반응에는 차이가 있어서 학령전기 아동들은 3 학년과 5 학년 아동들보다 2 배 정도 느린 속도로 정보를 탐색했다.

그러나 위에서 소개한 연구들과는 대조적으로, 아주 친숙한 자극을 사용하여 기억탐색 속도가 연령에 따라 유의하게 달라짐을 발견한 연구들도 있다. Herrmann 과 Landis (1977) 는 숫자를 자극으로 하여 2 학년, 중학교 1 학년, 그리고 고등학교 3학년 학생들을 검사했다. 전체 반응 시간은 연령에 따라 유의하게 감소하였고, 기억탐색 속도를 나타내는 직선함수의 기울기는 2학년에서 223 msec 이었으나 중학교 1 학년에서는 84 msec, 그리고 고등학교 3학년에서는 42 msec 으로 유의하게 감소했다. 그러나 2학년과 고등학교 3학년 아동들의 기울기만이

통계적으로 유의하게 차이가 있었고, 중학교 1학년과 고등학교 3학년 아동들의 기율기는 통계적으로 유의하게 차이가 없었다. Naus 와 Ornstein (1977) 도 역시 글자와 숫자를 자극으로 하여 3 학년과 6 학년 아동들을 대상으로 기억탐색 속도를 검토했다. 3 학년 아동들과 6 학년 아동들의 기율기는 각각 43.5 msec 과 27 msec 으로 유의하게 차이가 있었다. Keating, Keniston, Manis 와 Bobbitt (1980) 은 더 폭넓은 연령층의 아동들을 숫자를 사용하여 검사하였다. 연구에 참여한 3학년, 5학년, 중학교 1 학년과 중학교 3학년 아동들의 기율기는 각각 85 msec, 62 msec, 55 msec 와 52 msec 으로 기억탐색 속도는 다른 연구에서 처럼 연령이 증가함에 따라 체계적으로 빨라졌다. 그러나 3학년과 5학년 아동들의 기율기만이 통계적으로 유의하게 차이가 있었고, 5학년, 중학교 1학년과 중학교 3학년 아동들의 기율기는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

서로 다른 종류의 자극들과 서로 다른 피험자들을 사용하였기 때문에 이 연구들의 결과를 직접 비교하는데 어려움이 있지만, 위에 소개한 연구들의 결과를 종합해 보면, 기억탐색 속도는 국민학교 후반기까지 꾸준히 발달하나, 그 이후에는 별로 변하지 않았다. 다시말해, 단기기억에 있는 정보를 탐색하는 속도는 주로 국민학교 후반기까지 크게 발달하였다.


## 2. 심적회전

심적회전 (mental rotation) 과제 (Cooper & Shepard, 1973) 에서는 다양한 방향으로 회전된 자극 하나가 홀로 제시되거나 또는 표준자극과 더불어 제시된다. 표준자극은 자극의 바른상 (normal image) 이다. 피험자들은 자극이 홀로 제시된 경우에는 그 자극이 바른상 (예: 5) 인지 또는 거울상 (예: ㄱ) 인지를 또 자극이 표준자극과 같이 제시된 경우에는 제시된 자극이 표준자극과 같은 모양인지 또는 다른 모양인지를 가능한대로 빠르고 정확하게 판단해야 한다. 매 시행에서 자극이 제시된 순간부

터 피험자들이 반응할 때까지 걸린 시간이 측정된다. 반응시간은 제시된 자극이 회전된 정도에 따라 직선적으로 증가했다: 즉 제시된 자극이 많이 회전 되었을수록 그 자극에 대해 판단하는데 더 오랜 시간이 걸렸다. 이 결과는 피험자들이 다양한 각도로 회전되어 제시된 비교자극의 이미지를 머리 속에서 전혀 회전되지 않은 상태로 다시 회전시킨 후 그 자극에 대해 판단함을 시사한다. 자극이 회전된 각도와 반응시간 사이의 관계를 나타내는 직선함수의 기율기는 심적회전의 속도 즉 주어진 자극을 일도 회전시키는데 걸리는 시간을 나타내고, 절편은 다른 정보처리 과정들 즉 제시된 자극을 부호화하고, 원래의 상태로 회전된 자극의 이미지가 바른상인지 또는 거울상인지를 결정하고, 자신의 결정을 반응으로 표현하는데 걸린 총시간을 나타내는 것으로 생각되었다. 성인들의 경우 평균 기율기는 4.5 msec/도 이었다. 이 결과는 성인들이 일초에 자극을 약 222 도 회전시킴을 의미한다 (Cooper & Shepard, 1973).

심적회전 과제의 다양한 변형을 사용하여 많은 연구들에서 심적회전의 속도가 연령에 따라 어떻게 변하는지가 검토되었다. 심적회전 속도에 대한 연구들도 기억탐색에 대한 연구들과 마찬가지로, 일부 연구들은 심적회전의 속도가 연령에 따라 변하지 않음을 보이고 있고, 일부 연구들은 심적회전 속도가 연령에 따라 유의하게 빨라짐을 보이고 있다. 우선 전자의 연구들 부터 검토하겠다. Childs 와 Polich (1979) 는 네개의 알파벳 글자를 사용하여 3 학년, 5학년들과 대학생들을 테스트했다. 전체 반응 시간은 연령이 증가함에 따라 유의하게 빨라졌으나, 연령과 자극이 회전된 각도 사이의 상호작용은 유의하지 않아서 심적회전의 속도가 연령에 따라 유의하게 달라지지 않음을 보여주었다. Childs 등과 아주 유사한 절차를 사용하여 5학년과 중학교 1학년 아동들을 테스트한 Waber, Carlson 과 Mann (1982) 도 아주 비슷한 결과를 발견하였다. 그러나 이 연구들은 너무 작은 수의 자극과 너무 작은 수

의 피험자들 (예: Child 등의 연구에서는 연령당 8명) 을 대상으로 하였기 때문에 심적회전의 속도를 신뢰롭게 추정하지 못했을 가능성이 있다.

이와는 대조적으로 다양한 자극을 사용한 여러 연구들이 심적회전의 속도가 연령에 따라 체계적으로 발달함을 보이고 있다. Marmor (1975, 1977) 는 4세와 5세의 학령전기 아동들, 8 세 아동들과 성인들을 대상으로 익숙한 사물들 (아이스크림 콘과 곰) 의 그림을 사용하여 심적회전의 속도를 평가하였다. 심적회전의 속도는 연령에 따라 유의하게 빨라져서 네 연령집단에서 자극들은 각각 일초에 37도, 84도, 167도와 240도씩 회전되었다. 이와 비슷한 결과가 다른 자극들을 사용한 연구에서도 발견되었다 (Kail, Pellegrino, & Carter, 1980; Young, Palef, & Logan, 1980). Kail 등은 숫자, 알파벳과 PMA 도형 (예: ) 을 사용하여 실험 1에서는 4학년 아동들과 대학생들, 실험 2에서는 3학년과 6학년 아동들과 대학생들을 테스트했다. 두 실험 모두에서 전체 반응시간이 연령이 증가함에 따라 유의하게 빨라졌을 뿐 아니라, 심적회전의 속도도 자극의 종류에 관계없이 유의하게 빨라졌다. 실험 1에서는 숫자와 알파벳이 두 연령집단에서 각각 일초당 141도와 264도 회전되었고, PMA 도형은 일초당 각각 102도와 166도씩 회전되었다. 실험 2에서는 숫자와 알파벳은 세 연령집단에서 각각 일초당 143도, 212도와 263도씩 회전되었고, PMA 도형은 일초당 각각 130도, 139도와 157도씩 회전되었다. 숫자와 알파벳의 회전속도는 아주 다른 자극을 사용한 Marmor의 연구 결과와 비슷하며, PMA 도형은 숫자나 알파벳보다 훨씬 느리게 회전되었다.

복잡하지만 아주 친숙한 자극들을 사용한 연구에서도 연령에 따라 심적회전의 속도가 유의하게 빨라짐이 밝혀졌다. 4학년, 중학교 1학년 아동들과 성인들이 선으로 그려진 얼굴의 프로파일을 각각 일초당 297도, 467도와 540도라는 놀라운 속도로 회전시켰다 (Merriman, Keating, & List, 1985). 이

속도는 알파벳과 숫자의 회전속도의 거의 2배에 해당하는 빠른 속도이다. 4학년과 중학교 1학년 아동들의 심적회전 속도만이 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 중학교 1학년 아동들과 성인들의 회전 속도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

이처럼 숫자, 알파벳, PMA 도형들, 사물들의 그림, 얼굴의 프로파일 등 아주 다양한 종류의 자극들을 사용한 연구들에서, 자극의 종류에 관계없이 심적회전의 속도가 연령에 따라 유의하게 빨라짐이 발견되었다. 서로 다른 자극들을 사용하였기 때문에 이 연구들의 결과를 직접 비교하기는 어렵지만, 이 연구의 결과들을 종합하면, 심적회전의 속도는 학령전기부터 계속 발달하여 중학교 시기가 되면 거의 성인들의 수준에 이르는 것 같다.

### 3. 기억인출

기억인출 (memory retrieval) 의 과정은 필요할 때 장기기억에 저장된 정보를 꺼내는 과정으로서 Posner와 Mitchell (1967) 이 고안한 맞추기 과제에 의해 많이 평가되었다. 이 과제에서는 Aa, AA, AB, bb와 같은 한쌍의 글자가 제시된 후, 피험자들은 각 쌍에 있는 글자들이 모양이 같은지 다른지를 또는 이름이 같은지 다른지를 가능한대로 빠르고 정확하게 판단해야 한다. 매 시행에서 자극이 제시되는 순간부터 피험자들이 반응할 때까지 걸린 시간이 측정된다.

모양맞추기 시행에서는 피험자들은 자극을 지각하고 부호화하고, 물리적 이미지를 비교하고, 마지막으로 반응한다. 그러나 이름맞추기 시행에서는 피험자들은 자극을 지각하고 부호화하고, 이름을 인출하여, 두 이름을 비교하여 마지막으로 반응한다. 두 시행을 비교할 때 이름맞추기 시행에서는 모양맞추기 시행에는 없는 과정 즉 이름을 인출하는 과정이 더 포함된다. 따라서 두 종류의 시행에서의 반응시간의 차이는 이름을 인출하는데 걸리는 시간을 추정한다. 실제 이름맞추기가 모양맞추기 보다 71 msec 더 걸렸고 이 시간은 글자의 이름을 인출하

는데 약 70 msec이 걸림을 의미한다 (Posner & Mitchell, 1967).

Posner 등의 과제의 다양한 변형이 장기기억에서 정보를 인출하는 속도의 발달을 연구하기 위해 사용되었다. Hoving, Morin, 과 Konick (1970) 은 유치원 아동들, 3 학년 아동들과 대학생들을 검사하였다. 피험자들은 연속적으로 제시되는 두 자극의 모양이 같은지 또는 이름이 같은지를 가능한대로 빠르고 정확하게 판단하였다. 모양맞추기와 이름맞추기 모두 연령에 따라 빨라졌으며, 연령에 관계없이 이름맞추기가 모양맞추기보다 더 오래 걸렸다. 그러나 연령과 맞추기의 종류간에 유의한 상호작용이 없었는데 이 결과는 기억인출의 속도가 연령에 따라 달라지지 않음을 의미한다. Keating 과 Bobbitt (1978) 은 3학년, 중학교 1 학년, 고등학교 2학년 학생들을 대상으로 비슷한 연구를 실시하였다. 피험자들에게 Aa, bB, Ab, aB 등과 같은 자극들이 인쇄된 카드를 보여주고, 카드에 나타난 두 자극이 모양이 같은지 또는 이름이 같은지에 따라 카드를 두 그룹으로 분류하게 하였다. 분류하는데 걸리는 시간은 분류의 조건에 관계없이 연령에 따라 유의하게 빨라졌으며, 이름에 따라 분류하는 조건에서 피험자들의 반응이 모양에 따라 분류하는 조건에서 보다 유의하게 더 느렸다. 더 중요하게는 연령과 분류조건 사이의 상호작용이 유의하여서, 두 맞추기 조건 사이의 반응시간의 차이는 연령이 증가함에 따라 점차 감소했다. 이 결과는 글자들의 이름을 인출하는데 걸리는 시간이 연령이 증가함에 따라 빨라짐을 시사한다.

그러나 이 두 연구의 문제점은 순수한 기억인출의 속도를 측정하지 않았다는 점이다. Keating 등은 카드를 두 그룹으로 분류하게 한 후 모든 카드를 분류할 때까지 걸린 시간을 측정하였기 때문에 이 과제와 전혀 무관한 여러 상황적 요인들이 분류시간에 혼합 (confound) 되어 있을 수 있다. Hoving 등의 연구에서는 이름맞추기 조건에서 모양은 다르나 이름이 같은 자극들을 제시하여 이름을

인출하는 시간을 측정했기 때문에 자극들의 모양이 다름으로 해서 생기는 방해효과가 피험자들의 반응시간과 혼합되어 있었다 (Bisanz, Danner, & Resnick, 1979; Whitney, 1986).

이런 혼합이 통제되었을 때, 인출속도에는 유의한 발달적 차이가 발견되었다. Bisanz 등 (1979) 의 연구에서는 네개의 친숙한 자극들에 대한 그림으로 3학년, 5학년, 중학교 1 학년, 대학생들을 검사했다. 위에서 언급한 혼합을 통제하기 위해 모양이 다르고 이름이 다른 두 물체 (예: 바나나와 우산) 의 그림을 사용하였다. 이처럼 모양과 이름이 모두 다른 자극을 사용하면 이름을 맞출 때 두 자극의 모양이 다름으로 해서 생기는 방해효과와 모양을 맞출 때 이름이 다름으로 해서 생기는 방해효과를 통제할 수 있다. 전체 반응시간에서는 연령과 맞추기 종류의 유의한 주요효과 있었고, 내집단에서 이름 인출의 속도는 122 msec, 191 msec, 98 msec 과 80 msec 이었다. 이 가운데에서 5학년과 중학교 1학년의 인출속도만이 통계적으로 유의하게 차이가 있었고 3학년과 5학년 또 중학교 1 학년과 대학생들의 인출속도는 서로 비슷했다. List, Keating 과 Merriman (1985) 도 4학년, 중학교 2학년과 대학생들에게 알파벳을 자극으로 제시한 연구에서 비슷한 발달적 차이를 발견하였다. 이들도 Bisanz 와 마찬가지로 이름을 인출하는 속도는 이름과 모양이 모두 다른 자극 (예: Ab) 이 제시된 시행에서 측정하였다. 추정된 인출시간은 세 연령집단에서 각각 181 msec, 126 msec 과 93 msec 이었다. 비록 다른 자극을 사용했음에도 불구하고, 이 추정치들은 Bisanz 등의 연구의 추정치들과 아주 비슷했다. 이 가운데에서 중학교 2 학년 아동들과 대학생들 피험자들의 인출속도는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 4학년과 중학교 2학년 (특히, 남자) 아동들의 인출속도는 통계적으로 유의하게 차이가 있었다. 인출시간을 측정하는데 동일한 방법을 사용한 Bisanz 등과 List 등의 연구결과를 종합해 보면, 국민학교 시기에 장기기억에서 정보를 인출하는 속도가 꾸준히

발달하여, 중학교 시기부터는 거의 성인의 수준에 도달했다.

위에서 다양한 정보처리 과정의 실행속도가 연령에 따라 어떻게 발달하는지를 살펴 보았다. 정보처리 과정의 종류에 관계없이, 정보처리 속도는 연령에 따라 일반적으로 빨라지는 추세를 보였으며 이러한 경향은 국민학교 시기에 특히 두드러졌다.

#### 4. 정보처리 속도의 발달곡선

위에서 기술한 연구들은 정보처리 속도가 어떻게 발달하는지에 대해 개괄적인 정보는 제공하지만 정보처리 속도의 발달을 정확하게 기술하는데 있어서 여러가지 문제점을 갖는다. 우선, 대부분의 연구들이 소수의 연령집단을 대상으로 하고 있기 때문에 이 연구들로는 연령에 따라 정보처리 속도가 빨라진다는 일반적인 사실을 밝힐 수는 있지만 정보처리 속도가 연령에 따라 어떤 형태로 발달하는지를 구체적으로 밝힐 수 없다. 둘째, 동일한 정보처리 과정을 검토하는 연구들도 서로 다른 자극을 사용하고 있기 때문에 정보처리 속도의 발달경향을 알아보기 위해 이 연구들에서 나온 정보처리 속도를 직접 비교할 수 없다. 예를 들어, 심적회전 속도를 추정하기 위해 어떤 연구에서는 알파벳, 숫자와 PMA 도형을 사용하고 있고, 어떤 연구에서는 얼굴의 프로파일을 사용하고 있다. 셋째, 일부 예외적인 경우를 제외하고는 대개 한 연구에서 하나의 정보처리 과정만을 검토하기 때문에 다양한 정보처리 과정들의 실행 속도가 연령에 따라 동일한 형태로 발달하는지 또는 다른 형태로 발달하는지를 밝히는 데 어려움이 있다.

위에서 기술한 문제점들을 해결할 수 있는 가장 이상적인 방법은 한 연구에서 여러 연령집단을 표집하고, 이 피험자들을 대상으로 여러 정보처리 과정이 실행되는 속도를 동시에 평가하는 것이다. 이러한 연구의 전형적인 예가 Kail의 연구(1986, 1988)이다. 이 연구들에서는 위에서 지적한 것처럼 상당히 폭넓은 연령집단을 표집했다: 1986년의 연

구에서는 12 연령집단(8,9,10,11,12,13,14, 15,18, 19,20,21세)을, 그리고 1988년의 연구에서는 14 연령집단(8,9,10,11,12,13,14,15,16, 17,18,19,20,21세)을 검사했다. 또한 이 연구들에서는 동일한 피험자들을 대상으로 다양한 정보처리 과정들의 실행속도를 평가하였다: 1988년의 연구에서는 심적회전과 기억인출의 두 과정을, 1986년의 연구에서는 시각적탐색, 기억탐색, 심적회전, 유추추리와 심적가산의 다섯 과정의 실행속도를 평가했다.

이 연구들의 결과가 그림 1에 정보처리 과정별로 제시되어 있다. 각 패널의 x 축은 피험자들의 연령을 나타내고, 각 패널의 y 축은 해당 정보처리 과정이 실행되는 시간을 나타낸 것이다. 심적회전의 속도는 자극이 회전되어진 각도와 그 자극에 대한 반응시간 사이의 관계를 나타내는 직선함수의 기울기로 추정되었고, 기억인출 속도는 맞추기 과제에서

정보처리 시간

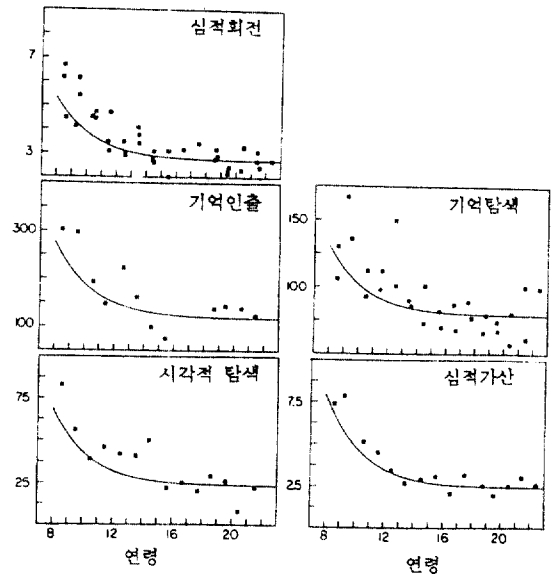


그림 1. 심적회전, 기억인출, 기억탐색, 시각적 탐색과 심적가산 속도의 발달곡선 (Kail, 1988)

모양맞추기 조건과 이름맞추기 조건에서의 반응시간의 차이로 추정되었다. 기억탐색 속도는 기억세트의 크기와 반응시간 사이의 관계를 나타내는 직선함수의 기울기로 추정되었고, 그리고 시각적 탐색<sup>1)</sup>의 속도도 탐색세트의 크기와 반응시간 사이의 관계를 나타내는 직선함수의 기울기로 추정되었다. 마지막으로 심적가산<sup>2)</sup>의 속도는 각 문제의 합과 자승과 문제에 대한 반응시간 사이의 관계를 나타내는 함수의 기울기로 추정되었다. 각 패널 안에 있는 점들은 각 연령의 아동들이 해당 정보처리 과정을 실행하는데 걸린 평균 시간을 나타낸다.

그럼 1에 의하면, 예외없이 모든 정보처리 과정에서 연령에 따라 일어나는 정보처리 속도의 발달은 비직선적이었고, 또 앞에서 살펴 본 연구들의 결과와 비슷하게 정보처리 속도에서의 대부분의 증가는 약 12세까지 일어났다. 즉 정보처리 속도는 국민학교 시기에 크게 발달하여서 청소년기에 오면 거의 성인들의 수준에 이르러 그 이후에는 큰 발전을 보이지 않았다.

### III. 정보처리 속도의 발달 기제: 일반기제에 대한 증거들

이처럼 연령에 따라 정보처리 속도를 발달하게 하는 요인들은 무엇일까? 이에 대해 여러가지 가설들이 제안되어 왔다. 이 가설들은 크게 두 종류로 구분할 수 있다. 한 가설은 특수기제 가설로서 정보처리 속도의 발달이 특정한 과정, 특정한 과제 또는 특정한 영역에 한해서 일어나는 특수한 변화때문에 생긴다고 보는 입장이다. 예를 들어, 일부 연구자들은 정보처리 속도의 발달이 피험자들이 사용하는 책략들의 질적 차이때문에 생긴다고 설명한다

1. 시각적 탐색은 기억탐색과 반대되는 과제로서 기억탐색 과제에서는 먼저 기억해야 할 숫자들 즉 기억세트가 제시된 뒤, 하나의 숫자가 탐사자극으로 제시되는데 반해, 시각적 탐색에서는 하나의 자극이 먼저 제시된 후, 탐색세트로 여러 개의 숫자가 제시된다. 피험자들은 먼저 제시되었던 자극이 뒤에 제시된 탐색세트에 있는지를 판단한 후 자신들의 판단을 반응으로 표현한다.

(Chi, 1977; Chi & Gallagher, 1982): 즉 아동들보다 성인들이 대부분의 과제에서 더 효과적인 책략을 선택하여 사용하기 때문에 일반적으로 더 빠른 속도로 문제를 풀 수 있다. 또 일부 연구자들은 정보처리 속도의 발달이 연령에 따라 피험자들이 가지고 있는 과제와 관련된 구체적인 지식의 차이때문에 생긴다고 본다 (Chi, 1977; Chi & Gallagher, 1982; Roth, 1983; Rabinowitz, Ornstein, Folds-Bennett, & Schneider, 1994): 즉 성인들이 아동들보다 과제와 관련된 구체적인 지식을 더 많이 가지고 있기 때문에 일반적으로 더 빠른 속도로 문제를 풀 수 있다.

또 다른 입장은 일반기제 가설로서 정보처리 속도의 발달이 하나의 좀 더 일반적인 변화때문에 생긴다고 본다. 이 입장은 앞에서 기술한 특수기제 가설처럼 정보처리 속도의 발달이 연령에 따라 나타나는 어떤 질적인 변화 (예: 책략의 변화)의 결과라기 보다는 연령에 따라 나타나는 어떤 보편적인 변화에 기인한다고 본다.

이 두 입장은 다양한 과제에서 나타나는 정보처리 속도의 발달에 대해 여러가지 서로 대비되는 예언을 하기 때문에 아래에서는 예언별로 관련된 연구들을 검토함으로써 어떤 가설이 더 타당하게 정보처리 속도의 발달을 설명하는지 평가하겠다.

#### 1. 발달곡선의 보편성

첫째 예언은 정보처리 속도가 연령에 따라 변하는 형태에 대한 것이다. 정보처리 속도가 발달하는 형태는 특수기제 가설에 의하면 정보처리 과정의 종류에 따라 달라지는데 왜냐하면 특정과제를 해결하는데 필요한 기술이나 지식은 연령에 따라 모두

2. 심적가산 과제에서는  $4+2=8$  과 같이 더하기 문제와 답이 같이 제시되면 피험자들은 답이 맞는지 틀리는지를 판단하고, 각 시행에서 피험자들의 반응시간을 측정한다. 이 과제에서의 반응시간은 합의 자승 (이 경우에는 36) 이 가장 잘 예언했고 (Ascraft, 1982, 1987), 합의 자승과 반응시간 사이의 관계를 나타내는 함수의 기울기는 기억망에서 합을 인출하는데 걸린 시간을 나타내는 것으로 해석된다.



같은 비율로 습득되지 않기 때문이다. 그러나 일반 기계 가설에 의하면 정보처리 속도가 발달하는 형태가 모든 정보처리 과정들에서 비슷해야 하는데 왜냐하면 하나의 일반적 기계가 다양한 과제에서의 반응시간을 같은 정도로 통제하기 때문이다.

이 예언은 여러 정보처리 과정들의 실행 속도의 변화를 가장 잘 기술하는 함수들을 비교함으로써 검증할 수 있다. 특수기계 가설이 사실이라면 정보처리 속도의 발달을 가장 잘 기술하는 함수는 정보처리 과정에 따라 달라질 것이고, 반대로 일반기계 가설이 사실이라면 정보처리 속도의 변화를 가장 잘 기술하는 함수는 모든 정보처리 과정들에서 같아야 할 것이다. 그림 1에 나타난 모든 정보처리 과정들의 실행속도는 직선함수, 지수함수와 쌍곡선 함수 가운데 하나의 함수 즉 지수함수 (exponential function:  $t=a+be^{-cx}$ )<sup>3)</sup>에 의해 가장 잘 기술되었고 (표1 참고), 각 정보처리 과정의 실행속도의 변화를 기술하는 지수함수는 그림 1의 각 패널에 검은 곡선으로 표시되어 있다. 보통 반복적인 학습이나 연습으로 인해 일어나는 수행의 변화는 지수함수보다는 쌍곡선함수로 더 잘 기술된다는 사실을 고려할 때 (Mazur & Hastie, 1978; Newell & Rosenbloom, 1981), 이 결과는 정보처리 속도의 발달이 단순히 연령에 따라 누적된 학습이나 연습의 결과가 아님을 시사한다.

게다가 다양한 정보처리 과정들이 실행되는 속도가 동일한 비율로 변한다면, 연령에 따른 여러 정보처리 속도들의 변화를 기술하는 지수함수의 쇠퇴 매개변수 즉  $c$ 가 같아야 할 것이다. 기억인출의 쇠퇴 매개변수는 .40, 심적회전의 쇠퇴 매개변수는 두

표 1. 지수함수가 정보처리 속도의 발달을 설명하는 정도 ( $R^2$  값)

정보처리과정	지수함수 ( $t=a+be^{-cx}$ )
기억인출	
'86년 실험 1	.759
기억탐색	
'88년 실험 1	.808
'88년 실험 2	.604
심적회전	
'86년 실험 1	.885
'86년 실험 2	.934
'88년 실험 2	.758
시각적 탐색	
'88년 실험 1	.787
심적가산	
'88년 실험 2	.922

실험에서 각각 0.45와 .36로 서로 비슷했다 (Kail, 1986). 또한 지수함수의 쇠퇴 매개변수를 같은 값으로 고정시키고  $a$ 와  $b$ 만 변하게 한 모델과  $a, b,$ 와  $c$ 를 모두 변하게 한 모델이 연령에 따라 나타나는 정보처리 속도의 변화를 설명하는 정도를 비교한 결과 (Kail, 1988), 두 모델이 연령에 따른 정보처리 속도의 발달 즉 시각적 탐색, 기억탐색, 심적회전과 심적가산의 속도를 설명하는 정도에 유의한 차이가 없었다.<sup>4)</sup> 이는 위에서 설명했듯이 기억인출, 시각적 탐색, 기억탐색, 심적회전과 심적가산의 속도가 연령에 따라 같은 형태뿐 아니라 같은 비율로 발달함

3. 지수함수에서  $x$ 는 연령이고,  $t$ 는 해당 연령에서의 평균 정보처리 속도이다.  $a$ 는 함수의 점근값 (asymptotic value) 즉 성인들의 정보처리 속도를 나타낸다.  $c$ 는 쇠퇴 매개변수(decay parameter)로서 함수가 얼마나 빠르게 점근값에 접근하는지를 나타낸다.  $c$ 의 값이 클수록 함수가 점근값에 더 빨리 접근하는데 여기에서는 정보처리 속도가 더 빠르게 성인들의 속도에 접근함을 의미한다.  $b$  매개변수는  $a$  매개변수와 더불어 절편을 나타내는데  $x$ 가 0일때  $e^{-cx}$ 는 1이므로 절편은  $a + b$ 가 된다.

4. Morrison, Morrison 과 Keating (1992)은 Kail (1988)의 연구에서 연령에 따른 정보처리 속도의 변화를 지수함수가 설명하는 정도를 산출하는 절차의 문제점을 지적하고 있다. Kail (1992)이 Morrison 등이 제안한 절차를 사용하여 연령에 따른 정보처리 속도의 변화를  $c$ 를 고정시키고 나머지 두 매개변수를 변화시킨 모델과 세 매개변수를 모두 변화시킨 모델이 설명하는 정도를 비교한 결과, 두 모델이 설명하는 변량의 비는 Kail (1988)의 원래의 연구와 달라졌지만, 두 모델의 설명력에 차이가 없다는 원래의 결론은 그대로 유지되었다.

을 의미한다. 지수함수의 점근값 즉 a 의 값을 실제 성인들을 검사하여 얻은 값으로 대체하고, 쇠퇴매개 변수를 1988 년 연구와 같이 .334 로 고정시킨 후 하나의 매개변수만을 자유롭게 변화시킨 모델과 쇠퇴매개변수도 자유롭게 변하게 하여 두 매개변수를 자유롭게 변화시킨 모델을 비교한 연구 (Kail, 1991b) 에서도 비슷한 결과가 나타났다. 이 연구에서는 다른 연구들과 달리 연령을 6 개월 단위로 더 정밀하게 표집하였고, 인지과제뿐 아니라 두드리기 (tapping) 와 부호화(coding) 와 같은 지각운동과제도 포함시켰음에도 불구하고, 6 개의 과제 가운데 다섯 과제 즉 두드리기, 부호화, pegboard, 기억인출과 심적가산에서 두 모델의 설명력에 차이가 없었는데 이는 다섯 과제에서 정보처리 속도가 같은 비율 즉  $c=.334$  로 빨라짐을 보여준다. 이 연구들의 결과를 요약한다면, 다양한 인지과제와 일부 지각운동 과제에서 연령에 따라 나타나는 정보처리 속도의 변화는 쇠퇴매개변수가 동일한 지수함수에 의해 잘 기술되었는데 이 결과는 다양한 과제에서의 정보처리 속도가 연령에 따라 동일한 형태 뿐 아니라 동일한 비율로 발달함을 의미한다.

그러나 이 연구들의 결과가 일반기제 가설을 지지하는 완벽한 증거는 아니다. 왜냐하면 정보처리 과정에 따라 약간 달라지기는 하지만, 연령에 따른 정보처리 속도의 변화의 변량중 지수함수가 설명하는 변량이 표 1 에 제시된 것처럼 충분히 크지 않기 때문이다 (Morrison, Morrison, & Keating, 1992).

## 2. 성인들의 반응시간과 아동들의 반응시간의 관계

둘째 예언은 다양한 과제에서의 성인들의 반응시간과 아동들의 반응시간 사이의 관계에 대한 것이다. F, G 와 H 의 세 정보처리 과정들로 구성된 어떤 과제를 수행하는데 걸린 성인들의 반응시간은

$$R_a = f + g + h \text{ -----(1)}$$

이다. 이때 f 는 F 과정을, g 는 G 과정을, h 는 H

과정을 실행하는데 걸린 시간을 나타낸다. 아동들이 동일한 과제를 수행할 때에도 F,G 와 H 의 세 정보처리 과정들이 동원된다고 가정할 때, 이 과제에서의 아동들의 반응시간은 일반기제 가설과 특수기제 가설에 따라 다르게 예언된다. 만약 어떤 일반기제가 정보처리 속도의 발달을 통제한다면 그 기제는 한 과제를 구성하는 모든 정보처리 과정들에 동일한 정도로 영향을 미치므로 이 과제에서의 j 세 아동들의 반응시간은

$$R_j = m_j f + m_j g + m_j h \text{ ----- (2)}$$

$$= m_j (f + g + h) \text{ ----- (3)}$$

이며 이 방정식은

$$R_j = m_j R_a \text{ ----- (4)}$$

로 다시 쓸 수 있다. 즉 아동들의 반응시간은 같은 과제에서의 성인들의 반응시간의  $m_j$  배가 된다. 따라서 과제를 구성하는 정보처리 과정들의 종류와 수에 관계없이 주어진 과제에서의 아동들과 성인들의 반응시간 사이의 상관계수는 1 이어야 한다. 왜냐하면 아동들의 반응시간과 성인들의 반응시간 사이의 상관은 단순히 한 변인과 그 변인을 일정한 상수 (즉  $m_j$ ) 로 곱한 일련의 값들간의 상관이기 때문이다. 따라서 성인들의 반응시간으로 아동들의 반응시간을 정확하게 예언하며 성인들의 반응시간으로 아동들의 반응시간을 예언한 직선함수의 기울기  $m_j$  는 1 보다 커야 한다.

그러나 특수기제 가설에 의하면 각 정보처리 과정들은 고유한 특수기제의 영향을 받아 발달하기 때문에 한 과제에서 j 세 아동들의 반응시간은

$$R_j = m_j f + n_j g + o_j h \text{ -----(5)}$$

이며 적어도  $m_j=n_j=o_j$  일 수는 없다. 따라서 성인들의 반응시간과 아동들의 반응시간 사이의 상관은 1

일 수 없고 한 과제에서의 성인들의 반응시간으로 아동들의 반응시간을 정확하게 예언할 수 없다.

성인들의 반응시간과 아동들의 반응시간 사이의 상관은 여러 연구에서 검토되었다. Kail (1986) 은 심적회전 과제에서 자극이 회전된 각도와 자극의 질을 동시에 변화시켜 만든 24 개의 실험 조건에서 아동들과 성인들의 (단위 시간당 자극이 회전되는 속도가 아니라) 전체 반응시간 사이의 상관을 계산했다. 두 변인간의 상관계수는 1 과 상당히 접근하여 .93 이었다. 그러나 Stigler, Nusbaum 과 Chalip (1988) 은 상관계수 1 에 대한 Kail 의 해석에 의의를 제기했다. 1 에 가까운 상관은 모든 정보처리 과정들의 발달이 하나의 일반기제에 의해 통제를 받기 때문이라기 보다는 사람들이 심적회전을 수행할 때 그 과제를 구성하는 모든 정보처리 과정들이 동시에 연습되기 때문이라고 보았다. 그러나 Kail 의 연구와는 달리 한 연구에서 여러 과제를 사용하여 Stigler 등의 논의가 적용될 수 없는 경우에도 동일한 결과가 발견되었다 (Hale, 1990). 이 연구에서는 선택반응시간 과제, 글자맞추기 과제, 심적회전 과제와 추상적 맞추기 과제를 사용하여 반응시간을 측정 한 후, 이 네 과제에서의 아동들의 반응시간과 성인들의 반응시간을 모두 사용하여 상관계수를 계산하였다. 10세 아동들과 성인들, 12세 아동들과 성인들, 15세 아동들과 성인들의 반응시간 사이의 상관계수는 각각 .987, .992와 .987 이었다.

성인들의 반응시간이 아동들의 반응시간을 정확하게 예언하는지도 여러 연구 (Kail, 1991a, 1992, 1993) 에서 검토되었다. 1991 년 연구에서는 이미 출판된 72 개의 연구들에서 발견한 아동들과 성인들의 반응시간을 사용하여 성인들의 반응시간으로 아동들의 반응시간을 예언하였다. 이 연구들에서 사용된 과제들은 시각적 탐색, 단순반응시간, 심적회전, 읽기, 유추, 선택 반응시간과 stroop 과제등 이었다. 성인들의 반응시간과 아동들의 반응시간 사이의 관계가 연령별로 그림 2 에 제시되어 있다. 그림 2 에 나타나 있는 것처럼 모든 연령에서 아동들

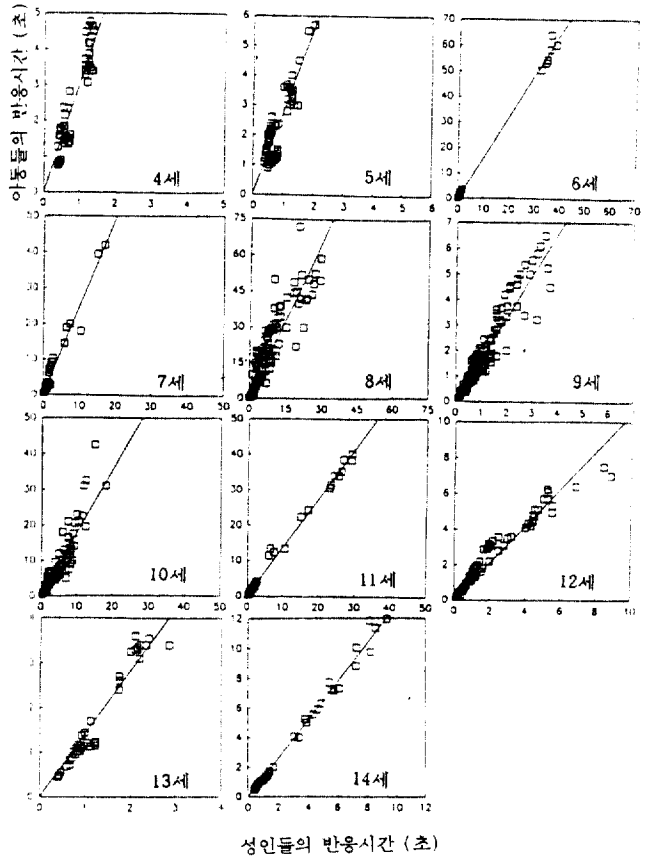


그림2. 아동들의 반응시간을 성인들의 반응시간으로 예언한 함수 (Kail, 1991a)

의 반응시간은 성인들의 반응시간의 직선함수로 증가하였으며, 성인들의 반응시간이 아동들의 반응시간을 상당히 정확하게 예언했다. 성인들의 반응시간이 아동들의 반응시간을 예언하는 정도, 즉  $R^2$  의 값은 모든 연령 집단에서 .90 이상이었고 모든  $R^2$  값은 p 수준 .01 에서 통계적으로 유의하였다.5) 또

5. 연령별로  $R^2$  값(괄호속의 첫째 숫자) 과 m; 값(괄호속의 둘째 숫자) 은 다음과 같다: 3-4세(.966; 3.102), 5세(.950; 2.78), 6세(.997; 1.619), 7세(.967;2.465), 8세(.908;2.212), 9세(.957;1.637), 10세(.916;1.780), 11세(.996;1.387),12세(.968;1.045),13세(.981;1.411),14세(.996;1.290)

한 Kail 은 1986 년과 1988 년 연구의 데이터를 사용하여 위와 동일한 분석을 하였다. 1986 년의 심적 회전과 기억인출 과제에서 나온 성인들의 반응시간은 8세 아동들의 반응시간의 99.65 % 를, 1988 년의 시각적 탐색과 기억탐색에서 나온 성인들의 반응시간은 8세에서 17세 아동들의 반응시간의 약 99 % 를, 그리고 1988 년 심적회전, 기억탐색과 심적 가산에서 나온 성인들의 반응시간은 역시 8세에서 17세 아동들의 반응시간의 약 98 % 를 설명했다.

미국이 아닌 다른 나라 피험자들을 대상으로 한 연구에서도 성인들의 반응시간이 아동들의 반응시간을 정확하게 예언하였다 (Kail 과 Park, 1992). 한국과 미국의 10 세의 아동들과 성인들에게 4 개의 과제 (더하기 과제, 추점과제, 유추과제와 심적회전 과제) 를 지필검사로 실시했고, 각 과제에서 반응시간이 계산되었다. 이 과제들에서는 문제당 반응시간을 측정하는 것이 아니라, 페이지 당 걸린 시간을 측정한 후 그 시간을 문제의 수로 나누어서 문제당 반응시간을 추정하였고 (4) 의 방정식을 사용하여 아동들의 반응시간을 예언하였다. 미국 피험자들의 경우는  $R^2$  가 .72 였고, 한국 피험자들의 경우는  $R^2$  가 .85 로 한국 피험자들에서도 성인들의 반응시간이 아동들의 반응시간을 비교적 잘 예언하였다.

### 3. 통계적 통제의 영향

세제 예언은 통계적 통제를 한 후에 정보처리 속도의 발달을 연령이 설명하는 정도에 대한 것이다 (Kail, 1995). 일반기제가 연령에 따라 나타나는 정보처리 속도의 변화를 통제한다면, 정보처리 속도의 한 측정치를 통계적으로 통제하면 다른 여러 과제들에서 연령과 관련되는 변량들이 크게 감소할 것이다. 그러나 여러 정보처리 과정들이 서로 다른 기제에 의해 발달한다면, 정보처리 속도의 한 측정치를 통계적으로 통제하여도 다른 과제들에서 연령과 관련되는 변량들의 크기에는 별로 변화가 없을 것이다. 통계적 통제를 사용한 한 연구의 결과가 표 2 에 제시되어 있다. 두번째 단은 각 과제에서의 반응

시간을 연령이 설명하는 정도 즉  $R^2$  값이다. 세제 단은 WISC-R 에서의 반응시간의 영향을 통계적으로 통제한 후 각 과제의 반응시간을 연령이 설명하는 정도이고 네제 단은 WISC-R 에서의 반응시간의 영향을 통계적으로 통제하기 전과 후에 각 과제에서의 반응시간을 연령이 설명하는 정도의 변화를 % 로 나타낸 것이다. 기억인출 과제를 제외하고는 모든 과제들에서 WISC-R 에서의 반응시간의 영향을 통제한 후에 연령이 설명하는 변량의 비가 약 75 % 에서 90 % 까지 감소하였다.

표 2. WISC-R 의 부호화 과제를 수행하는 시간을 통계적으로 통제하기 전과 후에 다른 과제들에서의 수행을 예언하는데 연령과 관련된  $R^2$  값 (Kail, 1995)

과제	연령의 $R^2$	부호화 과제에서의 시간을 통제한 후 연령의 $R^2$	변화의 %
단순반응시간	.407	.089	78.1
두드리기	.309	.072	76.7
pegboard	.398	.096	75.9
기억인출	.035	.015	57.1
유추추리	.293	.039	86.7
메트릭스추리	.274	.018	93.4

위에서 세가지 측면의 연구들로 일반기제 가설과 특수기제 가설을 비교하였다. 발달곡선의 보편성을 평가하는 연구들, 성인들의 반응시간으로 아동들의 반응시간이 예언되는 정도를 평가하는 연구들, 마지막으로 통계적인 통제의 방법을 사용하여 다양한 정보처리 과정들의 실행 속도를 연령이 설명하는 정도의 변화를 살핀 연구들의 결과는 모두 특수기제 가설보다는 일반기제 가설들의 예언과 더 일치하여, 연령에 따른 정보처리 속도의 발달이 어떤 일반기제에 의해 통제되고 있음을 보여 주었다.

#### IV. 결론 및 논의

이 연구에서는 정보처리 속도가 발달하는 형태와 정보처리 속도의 발달에 영향을 미치는 요인들을 밝히기 위해 개개 정보처리 과정들을 중심으로 정보처리 속도의 발달을 다룬 연구들과 여러 정보처리 과정들을 동시에 고려하여 정보처리 속도의 발달곡선을 다룬 연구들을 고찰하였다. 그 결과 정보처리 속도의 발달에 대해 다음과 같은 사실들이 밝혀졌다: (1) 정보처리 속도는 초기 청소년기까지 크게 발달하여 (또한 박 영신, 1995 참고) 거의 성인들의 수준에 도달했다. (2) 이러한 경향은 특정 정보처리 과정에 국한된 것이 아니라 시각적탐색, 기억탐색, 심적회전, 기억인출, 심적가산 등의 다양한 정보처리 과정에 걸쳐 보편적으로 나타났다. (3) 연령에 따른 이러한 변화는 정보처리 과정의 종류에 관계없이, 쇠퇴매개변수가 고정된 지수함수에 의해 가장 잘 기술되었다. 또한 정보처리 속도의 발달에 영향을 미치는 요인들에 대해서는 연령에 따라 나타나는 정보처리 속도의 변화는 연령에 따라 정보처리 시스템에서 일어나는 어떤 일반적인 변화의 영향을 받음이 밝혀졌다.

앞으로의 연구에서 우선 정보처리 속도의 발달을 통제하는 일반기제가 무엇인지 좀 더 분명히 밝혀져야 할 것이다. 그러나 정보처리 속도의 발달이 일반기제에 의해서만 통제를 받는 것은 아니다. 위에서 이미 지적했지만, 여러 정보처리 과정들의 실행속도의 발달을 쇠퇴매개 변수가 고정된 지수함수가 충분히 설명하지 못했고 또한 통계적 통제를 사용한 연구들에서도 연령이 설명한 이후의 잔여  $R^2$ 가 유의하게 0 보다 컸다. 이 결과들은 정보처리 속도의 발달을 일반기제만으로 설명할 수 없음을 의미하여 특수기제의 영향도 동시에 고려해야 함을 시사한다. 따라서 앞으로의 연구에서는 정보처리 속도의 발달을 일으키기 위해 일반기제와 특수기제가 어떻게 상호작용하는지도 좀 더 밝혀져야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- 박영신(1995). 정보처리적 관점에서 본 청소년기의 인지발달. 논총편찬위원회편, 현대사회와 청소년지도. 서울 : 배영사.
- Ashcraft, M.H. (1982). The development of mental arithmetic: A chronometric approach. *Developmental Review*, 2, 213-236.
- Ashcraft, M.H. (1987). Children's knowledge of simple arithmetic: A developmental model and simulation. In J. Bisanz, C. Brainerd, & R. Kail(Eds.), *Formal methods in developmental psychology: Progress in cognitive development research*. New York: Springer-Verlag.
- Baumeister, A.A., & Maisto, A.A. (1977). Memory scanning by children: Meaningfulness and mediation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 24, 97-107.
- Bisanz, J., Danner, F., & Resnick, L.B. (1979). Changes with age in measure of processing efficiency. *Child Development*, 50, 132-141.
- Chase, W.G. (1978). Elementary information processes. In W.K. Estes (Ed.), *Handbook of learning and cognitive processes*, Vol. 6. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Chi, M.T.H. (1977). Age differences in the speed of processing: A critique. *Developmental Psychology*, 13, 543-544.
- Chi, M.T.H., & Gallagher, J.D. (1982). Speed of processing: A developmental sources of limitation. *Topics in learning and learning disabilities*, 2, 23-32.
- Childs, M.K., & Polich, J.M. (1979).

- Developmental differences in mental rotation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 27, 339-351.
- Cooper, L.A., & Shepard, R.N. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. In W.G. Chase (Ed.), *Visual information processing*. New York: Academic Press.
- Dempster, F.N. (1981). Memory span: Sources of individual and developmental differences. *Psychological Bulletin*, 89, 63-100.
- Flavell, J.H., Friedrich, A.G., & Hoyt, J.D. (1970). Developmental changes in memorization processes. *Cognitive Psychology*, 1, 324-340.
- Hale, S. (1990). A global developmental trend in cognitive processing speed. *Child Development*, 61, 653-663.
- Hale, S. (1993). Effects of practice on speed of information processing in children and adults: Age sensitivity and age invariance. *Developmental Psychology*, 29, 880-892.
- Harris, G.J., & Fleer, R.E. (1974). High speed memory scanning in mental retardates: Evidence for a central processing deficit. *Journal of Experimental Child Psychology*, 17, 452-459.
- Herrmann, D.J., & Landis, T.Y. (1977). Differences in the search rate of children and adults in short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 23, 151-161.
- Hoving, K.L., Morin, R.E., & Konick, D.S. (1970). Recognition reaction time and size of the memory set: A developmental study. *Psychonomic Science*, 21, 247-248.
- Kail, R. (1986). Sources of age differences in speed of processing. *Child Development*, 57, 969-987.
- Kail, R. (1988). Developmental functions for speed of cognitive processes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 45, 339-364.
- Kail, R. (1991a). Developmental change in speed of processing during childhood and adolescence. *Psychological Bulletin*, 109, 490-501.
- Kail, R. (1991b). Processing time declines exponentially during childhood and adolescence. *Developmental Psychology*, 27, 259-266.
- Kail, R. (1992). Evidence for global developmental change is intact. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54, 308-314.
- Kail, R. (1993). Processing time decreases globally at an exponential rate during childhood and adolescence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 56, 254-265.
- Kail, R. (1995). Processing speed, memory, and cognition. In F.E. Weinert & W. Schneider (Eds.), *Memory performance and competencies: Issues in growth and development*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kail, R., & Bisanz, J. (1982). Information processing and cognitive development. *Advances in child development and behavior*. Vol. 17. New York: Academic Press.
- Kail, R., & Bisanz, J. (1992). The information

- processing perspective on cognitive development in childhood and adolescence. In R.J. Sternberg & C.A. Berg(Eds.), *Intellectual Development*, New York: Cambridge University Press.
- Kail, R., & Park, Y. (1992). Global developmental change in processing time. *Merrill-Palmer Quarterly*, 38, 525-541.
- Kail, R., Pelligrino, J., & Carter, P. (1980). Developmental changes in mental rotation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 29, 102-116.
- Keating, D.P., & Bobbitt, B.L. (1978). Individual and developmental differences in cognitive processing components of mental ability. *Child Development*, 49, 155-167.
- Keating, D.P., Keniston, A.H., Manis, F.R., & Bobbitt, B.L. (1980). Development of the search-processing parameters. *Child Development*, 51, 39-44.
- List, J.A., Keating, D.P., & Merriman, W.E. (1985). Differences in memory retrieval: A construct validity investigation. *Child Development*, 56, 138-151.
- Maisto, A.A., & Baumeister, A.A. (1975). A developmental study of choice reaction time: The effect of two forms of stimulus degradation on encoding. *Journal of Experimental Child Psychology*, 20, 456-464.
- Marmor, G.S. (1975). Development of kinetic images: When does the child first represent movement in mental images? *Cognitive Psychology*, 7, 548-559.
- Marmor, G.S. (1977). Mental rotation and number conservation: Are they related? *Developmental Psychology*, 13, 320-325.
- Mazur, J., & Hastie, R. (1978). Learning as accumulation: A reexamination of the learning curve. *Psychological Bulletin*, 85, 1256-1274.
- Merriman, W.E., Keating, D.P., & List, J.A. (1985). Mental rotation of facial profiles: Age, sex and ability-related differences. *Developmental Psychology*, 21, 888-900.
- Morrison, G.R., Morrison, S.R., & Keating, D.P. (1992). On estimating processing variance: Commentary and reanalysis of Kail's "Developmental functions for speed of cognitive processes". *Journal of Experimental Child Psychology*, 54, 288-307.
- Naus, M.J., & Ornstein, P.A. (1977). Developmental differences in the memory search of categorized list. *Developmental Psychology*, 13, 60-68.
- Newell, A., & Rosenbaum, P.S. (1981). Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. In J.R. Anderson (Ed.), *Cognitive Skills and their acquisition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ornstein, P.A., Naus, M.J., & Liberty, C. (1975). Rehearsal and organizational processes in children's memory. *Child Development*, 26, 818-830.
- Posner, M.I., & Mitchell, R. F. (1967). Chronometric analysis of classification. *Psychological Review*, 74, 392-409.
- Rabinowitz, M., Ornstein, P.A., Folds-Bennett, T.H., & Schneider, W. (1994). Age-related differences in speed of processing unconfounding age and experience. *Journal of Experimental Child Psychology*

- Psychology*, 57, 449-459.
- Roth, C. (1983). Factors affecting developmental changes in the speed of processing. *Journal of Experimental Child Psychology*, 35, 509-528.
- Silverman, W.P. (1974). High speed scanning of nonalphaneumeric symbols in culture-familially retarded and nonretarded children. *American Journal of Mental Deficiency*, 79, 44-51.
- Sternberg, S. (1967). Two operations in character recognition: Some evidence from reaction time measurements. *Perception & Psychophysics*, 2, 45-53.
- Stigler, J.W., Nusbaum, H.C., & Chalip, L. (1988). Developmental changes in speed of processing: Central limiting mechanism or skill transfer. *Child Development*, 59, 1144-1153.
- Waber, D.P., Carlson, D., & Mann, M. (1982). Developmental and differential aspects of mental rotation in adolescence. *Child Development*, 53, 1614-1621.
- Whitney, P. (1986). Developmental trends in speed of semantic memory retrieval. *Developmental Review*, 6, 57-79.
- Wickens, C.D. (1974). Temporal limits of human information processing: A developmental study. *Psychological Bulletin*, 81, 739-755.
- Young, J.M., Palef, S.R., & Logan, G. (1980). The role of mental rotation in letter processing by children and adults. *Canadian Journal of Psychology*, 34, 265-269.



## Development of processing speed

Young-shin Park

Department of Early Childhood Education  
Pai Chai University

The purpose of this study is to examine developmental change in the speed of cognitive processes and the factors controlling it. Processing speed develops substantially during elementary school years and approaches the level of adults' during adolescence. This trend is also observed in the studies examining developmental functions of various cognitive processes: Processing speed develops in similar pattern across different tasks. This change was described well by exponential functions with a common decay parameter. In addition, children's processing speed increases linearly as a function of adults' processing speed; correlation between children's processing speed and adult's processing speed was greater than .90. Age-related differences in cognitive processes are attenuated by approximately 70 % to 90 % when the variance associated with one measure of processing speed is eliminated. These results suggest that development of processing speed is controlled by some general mechanism.