

정보처리속도, 기억과 추리 사이의 인과적 관계

박 영 신¹⁾

배재대학교 유아교육과

이 연구에서는 정보처리속도, 기억과 추리 사이의 인과적 관계를 알아보기 위해 8세, 9세, 10세, 11세, 12세 아동들과 성인들에게 두 개의 속도과제, 두 개의 기억과제와 두 개의 추리과제를 실시하였다. 연령은 정보처리속도, 기억, 그리고 추리와 유의한 정적상관을 보였다. 경로분석의 결과, 정보처리속도는 추리에 유의하게 영향을 미쳤다. 또한 연령이 정보처리속도에 유의한 영향을 미쳤고, 정보처리속도는 기억에 유의하게 영향을 미쳤으나 기억은 추리에 유의한 영향을 미치지 않았다.

정보처리과정이 실행되는 속도는 연령에 따라 체계적으로 증가하는데 그 변화의 폭은 아동기에 아주 크나 점차 감소하여 청소년기가 되면 정보처리속도가 성인의 수준에 이른다 (Kail, 1991; Miller & Vernon, 1997; 박 영신, 1996). 이러한 변화는 특정한 정보처리과정에 국한되지 않고 여러 정보처리과정에 걸쳐 일반적으로 나타날 뿐 아니라 서로 다른 문화권에 사는 아동들에서 동일하게 관찰되었다 (Kail & Park, 1992).

연령에 따른 정보처리속도의 발달과 그 의미에 대해 논란이 있다. 한 입장에서는 정보처리속도의 변화가 실제일 뿐 아니라 다른 인지적 발달을 제한하는 인지시스템의 중요한 특징이라고 본다 (Kail,

1994, 1996). 이 입장에서는 인간의 정보처리속도를 컴퓨터의 중앙처리장치(CPU)의 작동속도와 비유한다. 컴퓨터의 기종이 286, 386, 486, 펜티엄으로 변할수록 CPU의 작동속도가 증가하는 것처럼 인간의 인지시스템이 발달함에 따라 그 작동속도가 변한다고 본다. 그러나 일부에서는 연령에 따라 나타나는 정보처리속도의 발달은 다른 변화의 부산물이라고 본다. 예를 들어, Anderson은(1988) 정보처리속도 자체는 아동기 동안 거의 일정하며 연령에 따라 나타나는 정보처리속도의 변화는 시간을 측정하는 다양한 인지과제에서 아동들이 나이가 들수록 더 효율적인 전략을 사용하기 때문에 나타난다고 본다. 또 Rabinowitz 등은 (1994) 연령에 따른 정보처리속도의 발달은 정보처리속도 자체의 변화라기 보다는 연령이 증가하면서 다양한 영역에서 아동들

1) yoshpark@mail.paichai.ac.kr

의 경험이 증가하기 때문에 나타난다고 본다.

만약 정보처리속도의 변화가 인간 인지시스템이 갖는 특징이라면 인지시스템이 관여하는 모든 인지 과제에서 그 영향이 관찰될 것이다. 우선 그 수행에 시간이 중요한 과제들, 예를 들어 반응시간을 측정하는 과제들에서 연령에 따른 정보처리속도의 발달이 두드러지게 나타날 것이다. 이는 이미 많은 연구들에서 밝혀진 바이다. 또한 그 수행에 시간이 중요하지 않은 과제들에도 정보처리속도가 영향을 미칠 것이다. 비록 시간이 중요하지 않은 과제라도 그 과제를 수행하기 위해 일련의 정보처리가 이루어져야 한다면 정보처리속도가 느릴 때에는 주어진 시간 내에 필요한 모든 정보처리가 완료될 수 없어서 그 과제에서의 수행이 떨어질 것이다. 따라서 정보처리속도와 시간이 측정되거나 중요하지 않은 인지과제들에서의 수행의 관계를 검토함으로써 정보처리속도가 인지발달을 제한하는 일반적인 요인인지 또는 특수한 과제의 수행에 한해서만 영향을 미치는 요인인지를 밝힐 수 있을 것이다. 이 분야의 연구들이 많지는 않지만 최근에 와서 정보처리속도가 기억, 읽기뿐 아니라 학습이나 문화적 영향을 비교적 받지 않은 추상적, 관계적 문제를 해결하는 능력을 측정하는 유동적 지능(fluid intelligence) 검사 등과 같은 다양한 인지과제에서의 수행에 영향을 미친다는 사실이 밝혀지고 있으므로 이 연구들을 간단히 고찰하겠다.

Kail은 (1992) 9세 아동들과 성인들을 대상으로 정보처리속도, 발화속도(articulation time)와 기억폭, 을 측정하고 이들간의 관계를 경로분석으로 검토하였다. 그 결과, 연령과 정보처리속도, 정보처리속도와 발화속도, 그리고 발화속도와 기억 사이의 경로가 유의하였으나 연령과 기억, 그리고 정보처리속도와 기억 사이의 경로는 유의하지 않았다. 이 결과는 연령이 증가하면서 아동들의 인지과정이 더 빠르게 실행되고 그에 따라 발화속도가 빨라짐으로써 주어진 시간 내에 기억해야 할 단어들을 더 많이 시연할 수 있어서 기억이 증진됨을 의미한다.

이 결과는 미국과 한국의 아동들을 대상으로 더 폭넓게 연령층을 표집한 다른 연구에서 다시 관찰되었다 (Kail & Park, 1994). 7세에서 14세 사이의 미국 아동들과 7세에서 12세 사이의 한국 아동들을 대상으로 기억폭, 정보처리속도와 발화속도를 측정하고 이들간의 관계를 경로분석으로 검토하였다. 한국 아동들과 미국 아동들 모두에서 연령과 정보처리속도, 정보처리속도와 발화속도, 발화속도와 기억 사이의 경로가 유의하였다. 이 밖에도 미국 표본에서는 연령과 기억사이의 경로가, 한국 표본에서는 연령과 발화속도, 연령과 기억사이의 경로가 유의하였다. 연령과 정보처리속도, 정보처리속도와 발화속도, 발화속도와 기억 사이의 유의한 경로는 Kail에서(1992) 발견된 것과 동일한 것으로 정보처리속도가 발화속도를 통해 기억에 영향을 미친다는 사실을 재확인했을 뿐 아니라 더 나아가서 이러한 모델이 영어를 사용하지 않는 아동들에게도 적용될 수 있는 일반적인 것임을 보여주었다.

위에서 살펴 본 기억은 주로 언어적 자료에 대한 것으로 정보처리속도의 발달은 기억해야 할 단어들에 대한 발화속도를 증가시켜서 기억을 증가시켰다. 그러나 자료들을 시각적으로 시연해야 하는 공간적 기억폭²⁾에서도 정보처리속도의 영향이 발견되었다 (Kail, 1997). 8세에서 20세 사이의 아동들을 대상으로 정보처리속도, 심상기술³⁾, 공간적 기억폭을 측정하고 다른 연구에서처럼 이들간의 관계를 경로분석으로 검토하였다. 연령과 정보처리속도가 각각 독

2) 공간적 기억폭은 두 과제로 평가되었다. 한 과제에서는 4×4 행렬로 이루어진 16개의 셀들에 2개에서 9개의 X가 무선으로 제시되었고 피험자들은 새로운 매트릭스에 이전에 본 X들을 적절한 위치에 그려 넣었다. 다른 과제에서는 9개의 블록이 판 위에 무선으로 배치되었고 실험자가 어떤 블록을 연속적으로 두 개를 지적한 다음 피험자들은 실험자가 지적한 순서대로 블록을 지적하게 했다. 피험자들이 정확하게 수행하면 그 다음에는 지적하는 블록의 수를 하나씩 늘여갔다.

3) 어떤 이미지를 보고 기억한 후 이 이미지가 새롭게 제시된 이미지의 일부인지를 판단하는 데 걸리는 시간을 측정하였다.

립적으로도 공간적 기억폭에 영향을 미치는 것은 했지만 연령과 정보처리속도, 정보처리속도와 심상기술, 심상기술과 공간적 기억폭 사이의 경로가 유의하였다. 이 결과는 정보처리속도의 발달로 인해 심상을 재현하는 효율성이 증가하고, 이는 다시 공간적 기억폭을 증가시키고 있음을 보여준다. 정보처리속도가 발화속도를 통해 언어적 기억폭에 영향을 미치는 것처럼 정보처리속도는 심상기술을 통해 공간적 기억폭에 영향을 미쳤다.

정보처리속도는 기억보다 훨씬 더 복잡한 과제인 읽기에도 영향을 미친다는 사실이 발견되었다(Kail & Hall, 1994). 8세에서 13세 아동들을 대상으로 정보처리속도, 단어를 읽는 속도, 단어재인과 읽기 이해의 정도를 측정하고 이들간의 경로분석을 시도하였다. 연령과 단어재인 사이의 경로를 포함하여 더 중요하게는 연령과 정보처리속도, 정보처리속도와 단어를 읽는 속도, 단어를 읽는 속도와 단어재인, 단어재인과 읽기이해 사이의 경로들이 유의하였다. 이 결과는 연령에 따른 정보처리속도의 발달이 단어를 읽는 속도에, 단어를 읽는 속도가 단어의 재인에, 단어의 재인이 읽기이해에 영향을 미침을 의미한다. 즉 정보처리속도의 발달에 힘입은 단어읽기속도가 읽기이해에 결정적인 단어재인을 가속시킴으로써 읽기이해가 증진되었다. 이 결과는 기억과 더불어 시간이 중요하지 않은 또 다른 인지과제인 읽기에도 정보처리속도가 영향을 미치고 있음을 시사한다.

이 연구들은 정보처리속도의 발달이 주어진 과제와 직접적으로 관련되는 좀 더 특수한 과정들, 예를 들어 발화속도, 심상기술, 단어읽기속도 등을 가속시켜서 시간을 측정하거나 시간이 중요하지 않은 인지과제, 예를 들어 기억폭이나 읽기이해에 영향을 미친다는 사실을 보여주었다. 그러나 최근에 와서 정보처리속도가 인지발달에 영향을 줄 수 있는 또 다른 경로가 가정되고 있다. 즉 작용기억을 구성하는 실행공간과 저장공간(Case, 1984) 가운데에서 실행공간에서 실시되는 정보처리가 빨라짐으로써 작

용기억의 저장공간이 증가될 것이라는 가정이다. 만약 이 가정이 사실이라면 정보처리속도의 발달은 작용기억이 요구되는 모든 인지과제의 수행에 위에서 살펴 본 것과는 또 다른 방식으로 폭넓게 영향을 미칠 것이다.

이러한 가정은 실제 일부 연구에서 지지되고 있다. Fry와 Hale (1996)은 7세에서 19세 사이의 아동들을 대상으로 정보처리속도, 작용기억과 유동적 지능검사인 Raven Progressive Matrice 에서의 수행사이의 관계를 경로분석으로 검토하였다. 그 결과, 연령과 정보처리속도, 연령과 작용기억, 연령과 유동적 지능 사이의 세 경로가 통계적으로 유의하였다. 특히 위의 가설을 검증하는데 결정적인 정보처리속도와 작용기억, 작용기억과 유동적 지능 사이의 경로가 통계적으로 유의하였고 정보처리속도와 유동적 지능 사이의 경로는 유의하지 않았다. 이는 정보처리속도가 유동적 지능에 직접적으로 영향을 미치지 않고 작용기억의 확장을 통해 유동적 지능에 간접적으로 영향을 미치고 있음을 의미한다.

이와 비슷한 결과가 단어해호화(decoding) 기술에 영향을 미치는 요인을 검토한 Kail, Hall, 및 Caskey (1996; Kail 1996에서 재인용) 연구에서도 발견되었다. 7세에서 13세 사이의 아동들을 대상으로 정보처리속도, 작용기억, 친숙한 이름을 말하는 속도, 단어해호화 기술을 측정하였다. 연령에 따른 정보처리속도의 발달과 두 변인--친숙한 이름을 말하는 속도와 작용기억--사이의 경로가 각각 유의하였고, 이 두 변인과 단어의 해호화 사이의 두 경로도 각각 유의하였다. 그러나 연령과 작용기억 사이의 경로와 정보처리속도와 해호화 사이의 경로는 유의하지 않았는데 이는 정보처리속도의 발달이 연령에 따른 작용기억의 발달의 거의 대부분을 설명하며 정보처리속도가 단어의 해호화에 직접적으로 영향을 미치지 않음을 의미한다.

위에서 고찰한 연구들의 결과를 요약하면, 정보처리속도는 시간이 중요하지 않은 인지과제의 수행에 두가지 방식으로 즉 직접적으로 또 간접적으로 영향을 미친다. 첫째, 연령에 따른 정보처리속도의 발

달은 특정 과제와 관련이 있는 특수한 정보처리과정의 수행을 가속시킴으로써 인지과제에서의 수행을 직접적으로 증진시킨다. 둘째, 연령에 따라 정보처리속도가 빨라지면 작용기억의 실행공간이 축소되고 저장공간이 증가하여 작용기억의 기능적 용량이 증가된다. 이로 인해 인지과제를 수행하는 동안 필요한 모든 정보를 작용기억 내에 저장할 수 있게 됨으로써 간접적으로 인지과제에서의 수행을 증진시킨다.

이 연구의 목적은 앞에서 밝혀진 정보처리속도와 인지적 수행사이의 관계를 이때까지 연구되지 않았던 인지영역 즉 추리에서 검증해 보고자 하는 것이다. 추리를 측정하는데 많이 사용되는 과제는 유추과제이다. 유추과제는 $a : b = c : (d)$ 의 형태로 피험자들은 $a : b$ 두 용어 사이의 관계를 발견하고 $c : d$ 의 관계도 $a : b$ 의 관계와 같이 되도록 여러 개의 항목들 가운데에서 d 에 적절한 항목을 선택한다. 예를 들어, '낮 : 밤 = 여름 : ()' 의 문제와 '나비, 음악, 겨울, 사과' 의 선택 항목이 주어지면 피험자들은 낮과 밤이 반대의 관계이므로 여름 옆의 괄호속에 '겨울'을 선택하여 두개의 단어 쌍이 같은 관계가 되게 해야 한다.

유추과제를 풀기 위해서는 일련의 정보처리가 이루어진다(Sternberg, 1977): 피험자들은 문제에 제시된 모든 항목들을 부호화하고, $a : b$ 의 관계를 파악하고, d 를 선택할 때까지 파악된 관계들을 작용기억 내에 유지하고, 추론된 관계를 c 와 선택 항목으로 제시된 대안들에 적용시켜서 d 에 적합한 항목을 선택해야 한다. 실제 두 용어간의 관계를 더 빨리 파악하고 적용하며, 작용기억의 용량이 큰 아동들과 성인들이 유추과제에서 더 높은 점수를 얻었다(장혜경과 최경숙, 1999; Mulholland, Pellegrino, & Glaser, 1980; Holzman, Pellegrino, & Glaser, 1983).

위의 논의를 종합해 보면 연령에 따른 정보처리속도의 발달은 추리에 직접적인 영향과 간접적인 영향을 모두 가질 것으로 기대된다. 우선 직접적인 영향을 살펴보면, 정보처리속도의 발달은 아동들이

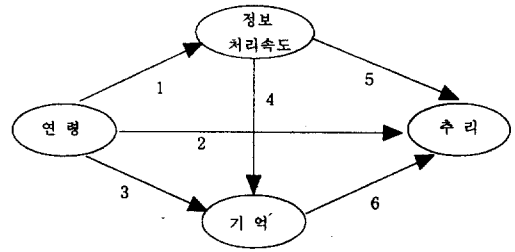


그림 1 연령, 정보처리속도, 기억과 추리 사이의 가설적 관계

항목들을 부호화하고, 항목들 사이의 관계를 파악하고, 파악된 관계를 다른 항목들에 적용하는 속도를 가속시킴으로써 유추과제의 수행에 영향을 미칠 것이다. 또한 정보처리속도의 발달은 작용기억의 기능적 용량을 증가시킴으로써 유추에 필요한 이전 정보처리 단계의 결과들을 모두 저장할 수 있게하여 간접적으로 추리과제의 수행에 영향을 미칠 것이다. 이러한 연령, 정보처리속도, 기억, 추리 사이의 가설적 관계가 그림 1에 제시되어 있다. 경로 1은 연령과 정보처리속도 사이의 경로로서 이 경로는 이미 여러 연구에서 유의한 것으로 밝혀졌다. 경로 2는 연령과 추리 사이의 경로로서 이 모델에 포함되지 않은 연령과 관련된 제 삼의 변인들이 추리에 영향을 미치는 경로이다. 경로 3은 연령과 기억 사이의 경로로서 정보처리속도 이외의 연령과 관련된 변인이 기억에 영향을 미치는 경로이다. 경로 4는 정보처리속도가 기억에 영향을 미치는 경로이다. 경로 5는 정보처리속도가 직접적으로 추리에 영향을 미치는 경로이고 경로 6은 기억이 추리에 영향을 미치는 경로이다.

연령에 따른 정보처리속도의 발달이 추리에 직접적으로 영향을 미친다면 경로 1과 5가 유의할 것이다. 만약 정보처리속도의 발달이 추리에 간접적으로 영향을 미친다면, 즉 정보처리속도의 발달이 작용기억의 용량을 증가시켜서 추리과제에서의 수행이 증진된다면 경로 1, 4, 6이 유의할 것이다. 만약 정보처리속도가 추리에 직접적으로 또 간접적으로 영향을 미친다면 경로 1, 4, 5, 6이 유의할 것이다.

표 1. 각 과제에서 사용된 문항의 예

과제명		문항의 예					
기억과제	글자폭	도 루 노 차 부 비 가 오 미					
	숫자폭	6 8 7 5 3 1 4 2 9					
속도과제	시각적 맞추기	493	943	439	394	349	943
	도형지우기						
귀납적 추리과제	언어유추	장난감 : 인형 = 취미 : () ○낚시 ○생활 ○재미 ○피로					
	도형유추						

또한 추리에 영향을 미치지만 이 모델에 포함되지 않은 연령과 관련되는 변인들이 있다면 경로 2가 유의할 것이다.

연구방법

피험자. 만 8세(평균 8.17세), 9세(평균 9.15세), 10세(평균 10.16세), 11세(평균 11.10세), 12세(평균 12.21세) 아동과 대학생(평균 20.42세)이 각 연령에 20명씩 (남 10명과 여 10명) 총 120명이 연구에 참여하였다. 대학생들은 배재대학교에 재학중이며 심리학 개론을 수강하는 학생들로 자발적인 동의에 의해 실험에 참여하였다. 아동들은 대전 서구 또는 중구 지역에 소재한 초등학교에 재학하는 아동들로 일부는 아파트 단지내의 광고를 통해 또 일부는 아동들이 재학중인 학원을 통해 실험에 참여하였다. 실험에 참여한 아동들은 연필 한다스를 선물로 받았다.

과제. 실험에 사용된 과제는 두가지 기억과제, 두가지 속도과제와 두가지 추리과제로 총 여섯 과제였다.

① 기억과제 : 작용기억의 용량을 측정하기 위해 글자폭 과제(letter span task)와 숫자폭 과제(number span task)를 사용하였다. 기억과제에서 사용된 문항의 예가 표 1에 제시되어 있다. 글자폭 과제에서

는 단음절로 된 12개의 글자 (가, 너, 노, 도, 루, 미, 비, 수, 오, 주, 저, 차)를 사용하여 두 개에서 아홉 개의 글자까지 여덟 수준이 제시되었고 각 수준마다 두 시행이 제시되었다. 실험자가 글자를 대략 일초에 하나의 속도로 들려주고 난 뒤 피험자들에게 실험자가 말한 순서대로 글자를 반복하여 말하게 하였다. 피험자들이 순서는 틀리지만 모든 글자를 정확하게 말했을 때에는 계속하였고, 틀린 글자가 나오거나 글자가 빠지면 그 시행에서 멈추었다. 숫자폭 과제는 글자가 아닌 1부터 9까지의 숫자를 사용하였다는 점 이외에는 글자폭 과제와 동일하였다.

② 속도과제 : 정보처리 속도를 측정하기 위하여 Woodcock-Johnson Test of Cognitive Battery에서 나온 시각적 맞추기 과제와 도형지우기 과제를 사용하였다. 각 과제에서 사용된 문항의 예는 표 1에 제시되어 있다. 시각적 맞추기 과제에서는 여섯개의 일단위(예, 4), 십단위(예, 48), 또는 백단위(예, 489) 숫자가 한줄로 제시되었는데 피험자들은 이 가운데에서 똑같은 두개의 숫자를 찾아 동그라미를 하였다. 이 과제에서는 크기 순으로 60개의 문제가 한 페이지에 두단으로 제시되었다. 도형지우기 과제에서는 모델에 해당하는 한 개의 도형과 문제에 해당하는 19개의 도형이 한줄로 제시되었다. 피험자들은 문제 도형들 가운데에서 모델과 같은 도형을 다섯 개 찾아 그 도형들 위에 선을 그었다. 30개의 문제가 두 페이지에 걸쳐 제시되었고 두 과제 모두에서

틀리지 않으면서 가능한대로 빨리 문제를 풀도록 지시하였다. 과제가 시작되는 순간부터 시간을 측정하여 3분이 경과하면 중지하게 했고 3분 이전에 모든 문제를 풀었을 때에는 걸린 시간을 측정하여 기록하였다.

③ 추리과제 : 추리능력을 측정하기 위하여 언어유추과제와 도형유추과제를 사용하였다. 각 과제에서 사용된 문항의 예가 표 1에 제시되어 있다. 언어유추과제에서는 두 개의 단어를 보고 그들의 관계를 추론한 다음, 제시된 한 단어와 다른 단어의 관계가 앞에서 본 한 쌍의 단어들과 같도록 제시된 네 단어 가운데서 하나를 선택하는 것이었다. 언어유추과제는 난이도에 따라 여섯 수준이 있었고 아동들은 자신의 연령에 해당하는 수준에서부터 검사를 시작하였고 연속적으로 다섯 문제에 정답을 하지 못하는 경우에는 그 아래 수준으로 내려가서 연속적으로 다섯 문제에서 정답을 한 이후에 다시 자신의 연령에 맞는 수준으로 올라와서 검사를 계속 받았다. 연속적으로 세 문제 이상에서 틀렸을 때에는 검사를 멈추었다.

도형유추과제는 다양한 형태의 기하적 도형의 쌍을 보고 그 관계를 추론한 다음, 제시된 한 도형과 다른 도형의 관계가 앞에서 본 한 쌍의 도형의 관계와 동일하도록 제시된 네 개의 도형 가운데 하나를 선택하는 것이었다. 도형유추과제도 난이도에 따라 여덟 수준이 있었고 아동들은 자신들의 연령에 해당하는 수준에서 검사를 시작하였다. 자신의 연령에 해당하는 수준에서 연속적으로 다섯 문제에서 정답을 하지 못하는 경우에는 그 아래 수준으로 내려가서 연속적으로 다섯 문제에서 정답을 한 이후에 다시 자신의 연령에 맞는 수준으로 올라와서 검사를 계속 받았다. 피험자들이 세 문제 이상을 계속해서 틀리면 검사를 멈추었다.

절 차

연구에 참여한 모든 대학생들과 일부 아동들은

배재대학교 내에 있는 조용한 연구실에 개인별로 검사를 받았고, 나머지 아동들은 아동들이 다니는 학원에 있는 조용한 방에서 개인적으로 실험을 받았다. 과제의 순서는 개인차가 과제 순서의 차이와 혼합되지 않도록 하기 위하여 시각적 맞추기, 문자폭과제, 언어유추, 도형지우기, 숫자폭, 도형유추의 순으로 모든 피험자들에게 동일하게 고정시켰다.

각 과제에 대해 실험자가 설명한 다음 연습문제가 제시되었고 피험자들이 각 과제를 충분히 이해하면 본 검사를 실시하였다. 대학생 피험자의 경우에는 실험을 마치는데 약 15분에서 20분 정도가 소요되었고, 아동들의 경우에는 개인차가 있었지만 약 20분에서 30분 정도가 소요되었다.

연구결과

여섯 과제에서의 아동들의 수행이 연령에 따라 표 2에 제시되어 있다. 각 기억과제에서 피험자들의 기억폭은 순서를 고려한 경우와 순서를 고려하지 않은 경우로 나누어 채점하였다. 순서를 고려한 경우의 기억폭은 피험자들이 자극을 제시된 순서대로 정확하게 기억한 최대의 글자나 숫자의 수였고 순서를 고려하지 않은 경우는 피험자들이 순서에 관계없이 제시된 자극을 정확하게 기억한 최대의 글자나 숫자의 수였다. 표 2에 제시되어 있듯이 두 기억과제의 기억폭은 큰 차이가 없었을 뿐 아니라 두 기억과제 모두에서 순서를 고려했을 때와 고려하지 않았을 때의 기억폭은 크게 차이가 없었다. 또 글자과제의 두 조건과 ($F_{5,114}=2.10, P<.1; F_{5,114}=2.27, P<.1$) 숫자과제의 두 조건($F_{5,114}=2.79, P<.05; F_{5,114}=2.88, P<.05$) 모두에서 기억폭은 연령에 따라 증가하는 경향을 보였다. 또한 속도과제인 시각적 맞추기와($F_{5,114}=8.22, P<.05$) 도형지우기 과제($F_{5,114}=32.25, P<.01$) 에서도 피험자들이 3분동안 정확하게 푼 문제의 수는 연령에 따라 유의하게 증가하여서 문제를 푸는 속도가 연령에 따라 증가하였다.4) 연

표 2 여섯 과제에서의 연령에 따른 평균 수행

연령	기억과제				속도과제		추리과제	
	글자폭과제		숫자폭과제		시각적 맞추기	도형 지우기	언어 유추	도형 유추
	순서 고려	순서 무고려	순서 고려	순서 무고려				
8세	5.30	5.30	5.55	5.62	33.95	17.55	10.10	27.70
9세	5.82	5.85	5.72	5.78	40.10	21.80	13.70	33.55
10세	5.65	5.70	5.42	5.50	42.45	22.30	13.65	30.40
11세	6.10	6.12	5.50	5.68	44.00	24.20	17.00	38.10
12세	6.10	6.15	6.05	6.15	47.55	25.40	21.75	43.05
성인	6.15	6.22	6.42	6.55	57.00	29.05	33.85	47.10
평균	5.85	5.89	5.78	5.88	44.18	22.38	18.34	36.65
표준편차	1.05	1.07	1.07	1.08	8.72	4.58	9.46	14.34

문자폭과 숫자폭은 피험자들이 정확하게 기억한 항목의 수, 시각적 맞추기와 도형 지우기는 3분에 정확하게 풀 문제의 수, 언어유추와 도형유추는 원점수

어유추과제($F_{5,114}=49.84, P<.01$)와 도형유추과제($F_{5,114}=6.80, P<.01$)에서의 수행도 연령에 따라 증가했다. 특이한 점은 속도과제를 제외한 모든 과제에서 10세 아동들의 수행이 9세 아동들의 수행보다 약간 떨어졌다는 점이나 그 차이가 통계적으로 유의하지는 않았다.

연령과 여섯 과제에서의 아동들의 수행 사이의 상호상관이 표 3에 제시되어 있다. 우선 연령은 (순서를 고려한 글자폭을 제외한 다른 모든) 기억, 속도, 추리과제에서의 수행과 유의한 정적인 상관관을 보였다. 그러나 연령은 추리와 속도과제보다 기억과

제와 더 낮은 상관관을 보였다. 둘째, 기억, 속도, 추리에 대한 측정치들은 서로 관련이 있었다. 그러나 속도과제 사이의 상관관(82) 기억이나(.52에서 .99) 추리과제(.44) 사이의 상관보다 더 높게 나타났다. 셋째, 속도과제에서의 수행은 기억과제에서의 수행과 정적인 상관관(.31에서 .39) 보여서 속도가 빠를수록 기억을 더 잘 했다. 넷째, 속도과제에서의 수행은 추리과제에서의 수행과 정적인 상관관(.42에서 .70) 보여서 속도가 빠를수록 추리과제에서 높은 수행을 보였다. 다섯째, 기억과 추리과제에서의 수행 사이의 상관관은 과제의 종류에 따라 달라졌다. 언어유추과제에서의 수행은 네가지 기억의 측정치와 유의한 정적 상관(.26에서 .38)을 보였으나 도형유추과제에서의 수행은 어떤 기억 측정치와도 유의한 상관관을 보이지 않았다.

그림 1에 제시된 모델의 타당성과 경로지수들을 Liserl 프로그램을 사용하여 경로분석으로 평가하였다. 분석을 위해 기억, 정보처리속도와 추리에 대한 측정치들의 통합점수를 만들었다. 기억의 통합점수는 각 개인의 각 기억점수에 해당하는 표준점수를 구한 후 네 기억점수의 표준점수의 평균을 구하

4) 이 연구에서 사용된 속도과제에서는 시간을 측정하는 것이 아니라 3분의 시간을 주고 문제를 풀게 하였다. 마치 속도가 거리/시간이듯이 이 과제들에서는 시간이 아니라 속도를 측정했다. 3분에 더 많은 문제를 풀었음수록 속도가 빠르고 적은 문제를 풀었음수록 속도가 느린 것이다. 따라서 시간을 측정하는 연구들에서 - 상관이 기대되는 경우에 (예를 들어 발화시간이 길수록 기억폭이 감소되어 두 변인간에 - 상관이 기대되지만) 이 연구에서는 발화속도 자체를 측정했으므로 발화속도가 빠를수록 기억폭이 증가하여 두 변인간에 + 상관이 나타난다. 참고로 3분 이전에 문제를 풀 사람들의 수는 시각적 맞추기에서 전체의 7.5%였고, 도형지우기에서 13.3%로 적었다.

표 3 연령과 각 과제에서의 수행사이의 상관

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. 연령	-								
2. 글자폭:순서고려	.20	-							
3. 글자폭:순서무고려	.22*	.99**	-						
4. 숫자폭:순서고려	.31**	.53**	.53**	-					
5. 숫자폭:순서무고려	.33**	.52**	.53**	.98**	-				
6. 시각적맞추기	.76**	.34**	.35**	.38**	.39**	-			
7. 도형지우기	.69**	.31**	.32**	.32**	.33**	.82**	-		
8. 언어유추	.81**	.26*	.26*	.38**	.38**	.70**	.70**	-	
9. 도형유추	.40**	.18	.20	.15	.14	.42**	.46**	.44**	-

* P<.01 ** P<.001

였다. 정보처리속도의 통합점수는 시각적 맞추기와 도형지우기 과제에서 각 개인의 표준점수의 평균이었고 추리능력의 통합점수는 각 개인의 언어유추와 도형유추 과제에서의 표준점수의 평균이었다. 표 4에 연령과 각 통합점수 사이의 상호상관이 제시되어 있다. 표 3에서 나타난 것과 마찬가지로, 연령은 기억, 정보처리속도와 추리와 유의한 정적 상관을 보였다. 또한 기억은 정보처리속도와 추리와, 또 정

보처리속도는 추리와 유의한 정적 상관을 보였다.

경로분석에서 나타난 통계적으로 유의한 경로들과 해당 경로지수(liseral coefficient)가 표 5에 제시되어 있다. 그림 1에 제시된 여섯 경로들 가운데 경로 3과 6 즉 연령과 기억 그리고 기억과 추리 사이의 경로를 제외한 모든 경로들이 통계적으로 유의하였다. 추리에 대한 정보처리속도의 변화의 직접적인 영향을 나타내는 경로 1과 5가 모두 유의하였다. 즉 연령과 정보처리속도 사이의 경로지수가 .76이고 정보처리속도와 추리 사이의 경로지수가 .36으로 통계적으로 유의하여 연령에 따른 정보처리속도의 발달이 추리과제에서의 수행에 직접적으로 영향을 미치고 있음을 보여주었다. 정보처리속도의 발달이 작용기억의 용량을 증가시킴으로써 추리에 영향을 미치는 간접적 효과를 살펴본 결과, 간접적 효과와 관련이 있는 경로 1, 4, 6 가운데 1과 4만이 유의하였다. 연령과 정보처리속도 사이의 경로지수가 위에서 밝힌 것처럼 .76로 유의하였고 또 정보처리속도와 기억 사이의 경로지수가 .41로 통계적으로 유의하였으나 기억에서 추리로의 경로는 통계적으로 유의하지 않았다. 즉 정보처리속도의 발달이 기억을 증가시키나 증가된 기억과 추리와는 아무 관계를 보이지 않았다. 앞의 과제들간의 상호상관에서 살펴보았듯이 언어유추와 도형유추는 둘 다 추리능력을 측

표 4 연령과 각 통합점수의 상호상관

	1	2	3	4
1. 연령	-			
2. 기억	.31**	-		
3. 정보처리속도	.76**	.41**	-	
4. 추리	.72**	.33**	.70**	-

** P<.01

표 5 그림 1에 있는 경로들의 지수

경로	지수
1. 연령 → 정보처리속도	.76
2. 연령 → 추리	.43 (.61)
4. 정보처리속도 → 기억	.41
5. 정보처리속도 → 추리	.36 (.24 .38)

() 속의 왼쪽은 언어유추에 대한 지수이고 오른쪽은 도형유추에 대한 지수이다.

정하는 과제임에도 불구하고 상호상관이 낮은 편이었고 특히 도형유추는 어떤 기억의 측정치와도 상관관을 보이지 않았기 때문에 도형유추와 언어유추에 대해 위와 동일한 분석을 따로 실시하였다. 그 결과가 표 5의 () 속에 제시되어 있다. 그 결과는 전체 결과와 유사하였고 기억에서 언어유추나 도형유추로의 경로는 유의하지 않았다. 이 결과는 연령에 따른 정보처리속도의 변화가 기억의 변화를 통해 유동적 지능과제에서의 수행을 증진시킨다는 사실을 발견한 Fry 등의 결과와는 다른 것이다.

또한 연령과 추리 사이의 경로가 유의하여 그림 1에 제시된 가설적 관계에 포함되지 않은 연령과 관련된 추리에 영향을 미치는 변인이 있음을 보이고 있다.

논 의

이 연구는 연령, 정보처리속도, 기억과 추리 사이의 인과적 관계를 알아보기 위해 시도되었다. 이 연구에서 밝혀진 것은 첫째, 다른 연구들이 발견한 것처럼 연령에 따른 정보처리속도의 발달이 추리에 영향을 미친다는 사실이다. 앞서서도 밝혔지만, 연령에 따른 정보처리속도의 발달은 유추과제에 제시된 항목들을 더 빨리 부호화하게 하고 항목들간의 관계를 더 빨리 파악하게 할 뿐 아니라 파악된 관계를 다른 항목들에 더 빨리 적용하게 하는데 영향을 미치는 것 같다. 둘째, 연령에 따른 정보 처리속도의 발달이 기억의 증가를 통해 추리에 영향을 미치는 것은 아니었다. 즉 정보처리속도의 발달이 추리과제에서의 수행을 증진시킨다는 정보처리속도의 직접적 영향에 대한 가설은 확인되었지만, 정보처리속도가 발달함으로써 기억이 증가하고, 기억의 증가가 간접적으로 인지과제에서의 수행을 증진시킨다는 가설은 지지를 받지 못했다.

이 연구에서 밝혀진 첫 번째 사실은 추리가 기억이나 읽기와 마찬가지로 시간이 중요하지 않은 과제임에도 불구하고 정보처리속도의 영향을 받고 있

음을 보여준다. 이 결과는 다른 연구들과 더불어 정보처리속도의 발달은 시간이 측정되거나 중요한 일부 과제에만 영향을 미치는 것이 아니라 시간과 관계없는 과제들에도 폭넓게 영향을 미치고 있음을 보여준다. 이는 정보처리속도는 앞에서 논의하였듯이 인간 인지시스템의 중요한 특성이며, 다양한 인지적 영역에서의 발달을 통제하는 중요한 요인임을 시사해준다.

그러나 정보처리속도의 발달이 작용기억을 통해 추리과제에서의 수행에 영향을 미치지 않았다. 이는 연령→정보처리속도→작용기억→유동성지능 사이의 유의한 인과적 관계를 발견한 Fry 등의(1994) 결과와 연령→정보처리속도→작용기억→이야기로 제시되는 산수문제에서의 수행 사이의 유의한 인과적 관계를 발견한 Kail 등의(1997) 결과와는 아주 대조적이다. 이 연구에서도 Fry 등과 Kail 등의 연구에서처럼, 정보처리속도가 기억을 증가시키는 것으로 나타났다. 그러나 Fry 등과 Kail 등의 연구와는 달리 이러한 기억의 변화가 어떤 추리과제에서의 수행과도 상관이 없었다. 그러나 유추과제에서의 수행과 작용기억간의 관계를 밝히고 있는 다른 연구들을 고려할 때 이 문제는 앞으로 더 검토되어야 할 것이다.

이 연구에는 여러가지 제한점이 있다. 첫째, 속도과제를 제외한 모든 과제에서 10세 아동들의 수행이 9세 아동들과 별 차이가 없었다는 점이다. 이로 인해 표3과 4에 제시된 연령과 다른 변인들 사이의 상관과 표 5에 변인들간의 경로지수들이 실제보다 약간 낮게 추정되었을 가능성이 있지만 이 연구에서는 9세와 10세만이 아니라 연령층이 폭넓게 표집되었으므로 이 연구에서 검증하고자 하는 가설과 관련되어 전체적인 결과에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다. 둘째, 그림 1에 제시된 모델에 추리과제에서의 수행을 설명하기에 충분한 변인들이 포함되지 못했다는 점이다. 우선 정보처리속도와 추리과제에서의 수행 사이를 중재하는(mediate) 과정들이 포함되지 못했다. 앞에서 살펴본 기억과 읽

기에 대한 연구에서는 정보처리속도뿐 아니라 발화 속도나 단어읽는 속도와 같이 그 과제에 직접적으로 관련된 과정들을 포함시킴으로써 정보처리속도가 기억과 읽기에 어떤 과정을 통해 영향을 미치는지 구체적으로 밝힐 수 있었다. 유추과제에서 가능한 후보자는 앞에서 밝힌대로 제시된 두 항목들 사이의 관계를 파악하고, 이를 다른 항목들에 적용하는 과정이다. 즉 정보처리속도의 발달이 이 과정을 가속시킴으로써 추리과제에서의 수행을 증진시킬 수 있을 것이다. 따라서 이 연구에서 밝혀진 정보처리속도와 유추과제 사이의 관계가 어떤 과정을 통해 중재되는지(mediate) 구체적으로 밝히는 노력이 필요할 것이다.

정보처리속도의 발달이 추리과제에 영향을 미칠 수 있는 또 다른 간접적인 경로가 있다. 즉 정보처리속도가 발달함으로써 추리문제를 해결하는데 필요한 정보들에 접근하는 속도가 빨라질 것이며, 관련되는 정보에 빨리 접근할수록 추리문제를 더 잘 풀게 될 것이다. 실제, 문제가 이야기로 제시되는 산수문제의 해결에서 정보처리속도와 산수지식에 접근하는 속도, 산수지식에 접근하는 속도와 문장제 문제에서의 수행 사이의 유의한 인과관계가 발견되었다 (Kail & Hall, 1997). 따라서 이 연구에서 제시된 모델에 포함되지 않았던 관련지식에 대한 접근속도가 정보처리속도와 추리과제에서의 수행을 어떻게 중재하는지도 연구되어야 할 것이다. 이와 같이 추리와 관련되는 변인들이 충분히 고려될 때 정보처리속도가 추리과제에서의 수행에 영향을 미치는 구체적인 과정들이 밝혀질 수 있을 것이다.

또한 정보처리속도의 발달과 작용기억 사이의 관계에 대한 가설은 인지발달을 이해하는데 상당히 중요한 의미를 갖는 가설이라고 생각된다. Case (1978)나 Pascual-Loene(1970) 등과 같은 여러 인지 발달이론가들이 질적인 차원의 인지적 변화를 가능하게 하는 원인으로 작용기억의 양적 변화를 오랫동안 고려해 왔다. 그러나 작용기억의 양적 변화를 가능하게 하는 원인들에 대해서는 구체적인 제안이

없었다. 따라서 정보처리속도의 발달을 작용기억의 양적 변화를 일으키는 원인으로 개념화하고, 정보처리속도의 발달로 작용기억의 용량이 증가하고, 이런 작용기억의 변화가 다시 다양한 인지영역에서의 수행의 변화를 가져온다는 가설은 비록 이 연구에서는 지지되지 못했다 할지라도 더 여러 인지영역에서 철저하게 검토되어야 할 것이다.

참고문헌

- 박영신. (1996). 정보처리 속도의 발달. 한국심리학회지: 발달, 9, 43-59.
- 장혜경과 최 경숙 (1999). 작업기억과 과제유형이 아동의 관계추리과제 수행에 미치는 영향. 한국심리학회지: 발달, 12, 66-80.
- Case, R. (1984). The process of stage transition: A neo-Piagetian view. In R.J. Sternberg (Ed.), *Mechanisms of cognitive development*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Case, R. (1978). Intellectual development from birth to adolescence: A neo-Piagetian interpretation. In R. Siegler(Ed.), *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fry, A.F., & Hale, S. (1996). Development of processing speed, working memory, and fluid ability: Evidence for a cognitive cascade. *Psychological Science*, 7, 237-241.
- Holzman, T.G., Pelligrino, J.W., & Glaser, R. (1983). Cognitive variables in series completion. *Journal of Educational Psychology*, 75, 603-618.
- Kail, R. (1992). Processing speed, speech rate, and memory. *Developmental Psychology*, 28, 899-904.
- Kail, R. (1997). Processing time, imagery, and spatial memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 64, 67-78.

- Kail, R. (1996). Nature and consequences of developmental change in speed of processing. *Swiss Journal of Psychology*, 55, 133-138.
- Kail, R. (1995). Processing speed, memory, and cognition. Weinert, F.E., & Schneider, W. (Eds.), *Memory performance and competences*. New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.
- Kail, R., & Hall, L.K. (1994). Processing speed, naming speed, and reading. *Developmental Psychology*, 30, 949-954.
- Kail, R., & Hall, L.K. (1997). Direct and indirect influences of developmental change in processing speed on children's word-problem performance. Poster presented at SRCD. Washington D.C.
- Kail, R., & Park, Y. (1992). Global developmental change in processing time. *Merrill-Palmer Quarterly*, 38, 525-541.
- Kail, R., & Park, Y. (1994). Processing time, articulation time, and memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 57, 281-291.
- Kail, R., & Salthouse, T.A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychologica*, 86, 199-225.
- Miller, L.T., & Vernon, P.A.(1997). Developmental changes in speed of information processing in young children. *Developmental psychology*, 33, 549-554.
- Mulholland, T.M., Pelligrino, J.W., & Glaser, R. (1980). Components of geometric analogy solution. *Cognitive Psychology*, 12, 252-284.
- Pascual-Leone, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 32, 301-345.
- 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*, 57, 449-459.
- Sternberg, R. (1977). Component processes in analogical reasoning processes. *Psychological Review*, 84, 353-378.

Causal relations among processing speed, memory, and reasoning

Young-shin Park

Department of Early Childhood Education Paichai University

Measures of processing speed, memory, and reasoning were administered to 8- to 12-year-olds and adults to examine the causal relation among processing speed, memory, and reasoning. Age was correlated positively with measures of processing speed, memory, and reasoning. Path analyses indicated that age-related changes in processing speed is associated with an increase in memory and an increase in reasoning, but changes in memory mediated through changes in processing speed is not associated with an increase in reasoning.