

## 관리기능(executive function)의 빠른 노화: 짜과제를 사용한 검증\*

김 홍 근<sup>†</sup>

대구대학교 재활심리학과

김 용 숙

대구한의대학교 간호학과

본 연구의 목적은 관리기능(executive function)이 다른 인지기능보다 빨리 노화된다는 가설을 검증하는 것이었다. 이를 위해 연령이 16-69세인 736명의 건강한 일반인에게 관리기능 의존도의 강약에 따라 구성된 세 개의 짜과제를 실시하였다. 세 짜과제는 스트룹간섭시행과 단순시행, 단어유창성과 상식, 도안유창성과 빠진곳찾기였다. 분석으로는 연령이 독립변인이고 교육년수와 성별이 공변인인 반복측정 공변량분석을 짜과제별로 시행하였다. 결과를 보면, 세 짜과제 모두에서 짜과제와 연령 간의 상호작용이 통계적으로 유의하였다. 이 상호작용은 연령에 따른 저하가 관리기능 의존도가 높은 과제에서 더 빠름을 나타내었다. 그러므로 스트룹 단순시행보다는 간섭시행, 상식보다는 단어유창성, 빠진곳찾기보다는 도안유창성에서 연령에 따른 저하가 더 빨랐다. 오류반응을 보면 스트룹검사의 간섭오류, 단어유창성의 반복반응, 도안유창성의 반복반응이 연령에 따라 유의하게 증가하였다. 이 결과들은 관리기능이 차별적으로 빨리 노화된다는 가설을 지지한다. 선행 연구들은 관리기능의 성숙이 다른 인지기능에 비해 늦은 연령까지 계속됨을 보고하였다. 이런 보고와 본 연구의 결과를 종합하면, "Last in, first out", 즉 가장 늦게 성숙한 인지기능이 가장 먼저 쇠퇴한다고 결론할 수 있다.

주요어 : 관리기능, 노화, 전두엽, 짜과제

\* 이 논문은 대구대학교 연구장학기금 지원에 의한 것임.

† 교신저자: 김홍근, 대구대학교 재활심리학과, (712-714) 경북 경산시 진량읍 내리리 15

Tel: 053-850-4331, Fax: 053-850-4339, E-mail: hongkn@daegu.ac.kr

인지기능은 나이가 들수록 저하된다. 예를 들어, 노인의 학습이나 기억능력이 청년들에 비해 저조한 것은 일상에서 흔히 관찰된다. 인지기능의 노화를 검증한 거의 모든 실증적 연구들도 인지기능이 나이가 들수록 저하됨을 보여주었다(Park et al., 1996; Salthouse, 2010). 인지기능의 노화는 ‘뇌의 노화’와 연결된 점에서 신체의 노화만큼이나 불가피하다. 그러나 실증적 연구들은 인지기능의 노화 속도가 영역에 따라 차별적인 부분도 있음을 시사한다. 예를 들어, Wechsler지능검사에서 연령 효과, 즉 연령이 높을수록 점수가 낮은 경향은 소검사에 따라서 차이가 있다(Crawford, Bryan, Luszcz, Obonsawin, & Stewart, 2000; Kaufman, 1990). Kaufman(1990)이 Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised(WAIS-R)의 표준화 자료를 분석한 것에 따르면, 연령 효과는 ‘기호쓰기’에서 가장 급속하고, ‘숫자의우기’에서 가장 완만하였다. 이러한 차별적 연령 효과는 Wechsler지능검사 이외의 인지검사들에서도 보편적으로 관찰된다(Mittenberg, Seidenberg, O’leary, & DiGiulio, 1989; Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003). 검사간 연령 효과 차이는 신뢰도와 같은 심리측정적 특성이 다른 탓도 있겠지만, 인지 영역에 따라 노화의 속도가 다른 것이 보다 근본적인 이유로 판단된다. 이런 점에서 인지 영역에 따른 노화의 차이를 이해하는 것은 중요한 연구 과제이다.

인지기능의 노화가 어떤 영역에서 보다 빠르거나 관해서는 여러 가설들이 있다(Dennis & Cabeza, 2008의 개관 참고). 예를 들어, 감각기능, 주의자원, 억제적 통제, 회상능력을 강조하는 가설들이 있지만 특정 인지기능만을 강조하는 것이 제한점이다. 여러 인지기능들의 노화를 통합적으로 설명하려는 가설 중 대표

적인 것은 처리속도, 유동지능(fluid intelligence), 관리기능(executive function, ‘실행기능’이라고도 번역함)을 강조하는 것이다. 이 중 본 연구의 주제와 직접 관련된 것은 관리기능의 저하를 강조하는 가설이다(Buckner, 2004; Dempster, 1992; West, 1996). 관리기능은 주의, 시공간, 언어, 기억기능과 같은 하위 인지기능을 적응적으로 제어하는 ‘중앙집행기’(central executive)로 개념화할 수 있다(Baddeley, 1996; Faw, 2003). 자기-제어, 순서화, 인지적 유연성, 억제적 통제, 계획하기, 조직화 등은 관리기능의 대표적 요소이다(Barkley, 2012; Eslinger, 1996). 관리기능은 판단력, 통찰력, 창의성, 인격과 같은 가장 고차적인 심리적 자질과도 직접 관련된다. 관리기능은 학습된 과제 보다는 새로운 과제, 단순한 과제 보다는 복잡한 과제, 자동적 과제 보다는 통제가 필요한 과제일수록 더 중요한 역할을 한다. 뇌손상 환자의 임상 연구들은 관리기능이 전두엽과 특히 관련됨을 보여주었다(Alvarez & Emory, 2006; Stuss & Alexander, 2000). 예를 들어, 목표가 없이 행동하거나, 통찰력이 없거나, 인격이 붕괴되는 증상은 전두엽 손상 환자에서 가장 현저하다. 이에 따라 관리기능은 ‘전두엽-관리기능’이라고 언급되기도 한다.

관리기능노화가설에 따르면 인지기능의 노화는 관리기능에서 특히 급속하게 진행된다. MRI를 비롯한 뇌영상 기법의 발전으로 뇌의 노화 양상을 부위별로 비교하는 연구가 가능하게 되었다. 이러한 연구들에 따르면, 전두엽은 가장 빨리 노화가 진행되는 뇌부위다(Bartzokis et al., 2001; Cabeza & Dennis, 2012; Raz, Gunning-Dixon, Head, Dupuis, & Acker, 1998). 예를 들어, Raz 등(1998)은 18-77세의 95명에서 MRI로 측정된 뇌부위별 크기와 연령

과의 상관성을 살펴보았다. 연령과의 역상관(negative correlation), 즉 연령이 높을수록 뇌가 위축되는 경향은 측정된 7개의 뇌부위 중 전두엽에서 가장 현저하였다. 이러한 결과들은 관리기능이 다른 인지기능들에 비해 노화에 더 취약할 것임을 예상하게 한다. 또한 임상 연구들은 여러 신경과 및 정신과 임상 집단들이 관리기능에서 특히 현저한 결손이 있음을 보여주었다(Mega & Cummings, 1994; Pennington & Ozonoff, 1996; Royall et al., 2002). 이러한 임상 집단에는 뇌외상, 뇌졸중, 조현병, 우울증, 알코올 중독, 도박 중독, 주의력결핍과잉행동장애, 아스퍼거장애 등이 포함된다(강미진, 김홍근, 2012; 고승환, 김홍근, 2013; 김복남, 김홍근, 2011; 김홍근, 최영주, 이민영, 서석교, 2009; Barkley, 1997; Filley, 2011; Morice & Delahunty, 1996). 이러한 결과는 관리기능이 뇌손상에 특히 취약한 인지기능임을 보여주며, ‘자연적 뇌손상’인 노화에도 다른 인지기능보다 더 취약할 수 있음을 시사한다.

관리기능노화가설의 대표적 예언은 관리기능에 민감한 검사에서 연령에 따른 수행 저하가 보다 급속하리라는 것이다. 이러한 예언을 검증하려면 관리기능에 민감한 검사와 민감하지 않은 검사를 짝지어서 비교하는 것이 필수적이다. 그러나 상당수의 선행 연구들은 관리기능에 민감한 검사만 실시하였다(De Luca et al., 2003; Robbins et al., 1998; Salthouse, Fristoe, & Rhee, 1996; Treitz, Heyder, & Daum, 2007). 이런 연구는 연령 효과만을 검증할 수 있을 뿐, 차별적 노화 효과는 검증할 수 없다는 근본적 제한점이 있다. 관리기능에 민감한 검사와 민감하지 않은 검사를 모두 포함시킨 연구들도 연령 효과를 직접 비교한 경우는 드물었다(Ferrer-Caja, Crawford, & Bryan, 2002;

Mittenberg, et al., 1989; Salthouse et al., 2003; Whelihan & Leshner, 1985). 이런 비교가 드문 것은 차별적 노화에 관한 관심 부족 및 노화 연구가 대규모 표집을 요하는 것이 일차적 원인으로 판단된다. 또한 관리기능에 민감한 검사와 민감하지 않은 검사를 짝짓는 것의 어려움 및 두 검사의 상이한 점수 단위로 인한 비교의 어려움도 작용했을 수 있다. 예외적으로, 스트룹검사와 같이 관리기능에 민감한 조건(간접시행)과 민감하지 않은 조건(단순시행)이 내재된 경우는 연령 효과가 비교되는 경우가 있었다(Verhaeghen & De Meersman, 1998).

선행 연구들에서 인지기능의 노화는 연령과 인지검사 점수 간의 상관, 즉 연령이 높아짐에 따라 점수가 낮아지는 역상관을 살펴보는 경우가 많았다. 관리기능에 민감한 검사와 민감하지 않은 검사에서 이러한 상관 크기가 어떠한가는 관리기능노화가설과 관련된다. 즉 관리기능노화가설이 맞다면 이러한 상관이 관리기능에 민감한 검사에서 더 커야 한다. 그러나 관련 결과를 살펴보면 일부는 관리기능노화가설을 지지하지만(Ferrer-Caja et al., 2002; Mittenberg et al., 1989; Whelihan & Leshner, 1985), 일부는 지지하지 않아서 명확한 결론은 없는 편이다(Crawford et al., 2000; Salthouse, 2005; Verhaeghen & De Meersman, 1998). 관리기능노화가설에 부합하는 예를 들면, Whelihan과 Leshner(1985)의 연구에서는 관리기능에 민감하다고 가정된 7개의 측정치(WAIS Similarities, Hooper Visual Organization Test, Stroop Test, Motor Functions, Set Test, Finger Tapping-Dominant Hand, Finger Tapping-Nondominant Hand) 모두에서 연령 효과가 유의하였다. 반면에 관리기능에 민감하지 않다고 가정된 19개의 측정치에서는 6개만 연령 효과가 유의하였

다. Mittenberg 등(1989)의 연구에서는 12개의 인지기능 측정치가 독립변인이고 연령이 종속변인인 다중회귀분석에서 4개의 인지기능 측정치만 유의하였다. 이 중 3개가(Recency for Pictures, Design Fluency, Recency for Words) 전두엽-관리기능에 민감한 것으로 가정할 수 있는 측정치였다. Ferrer-Caja 등(2002)은 구조방정식 모형(structural equation modelling)을 적용한 연구에서 연령에 따른 기억력 약화가 WAIS-R로 측정한 일반지능의 저하와는 무관하지만, 관리기능의 저하와는 관련이 있음을 제시하였다.

관리기능노화가설에 부합하지 않는 예를 들면, Crawford 등(2000)의 연구에서 관리기능에 민감하다고 가정된 7개의 측정치들과(Modified Card Sorting Test, Verbal Fluency, Stroop, Tower of London, Cognitive Estimates, Uses for Common Objects) 연령이 관련된 정도는 WAIS-R의 측정치들과 연령과 관련된 정도와 유사한 수준이었다. 일반적으로 Wechsler지능검사는 관리기능에 민감하지 않은 검사로 가정되므로(김홍근, 2003; Damasio & Anderson, 1993; Filley, 2011) 이 결과는 관리기능노화가설을 지지하지 않는다. Verhaeghen과 De Meersman(1998)은 스트룹검사를 사용한 연구들의 메타분석에서 간섭시행과 단순시행의 연령 효과가 동일하다고 결론하였다. 그러나 개별 연구들 대부분이 100명 이내의 작은 표집을 사용한 제한점이 있었다. Salthouse(2005)의 연구에서는 관리기능 과제의 점수들이 추론이나 지각속도를 측정하는 과제들의 점수와 상관성이 있으며, 이런 상관성을 통제할 경우 연령과 유의한 상관성이 없는 것으로 나타났다. 종합하면 관리기능의 노화가 다른 인지기능에 비해 차별적으로 빠르다는 가설이 선행 연구들에서 충분히 검증되지 않았으며, 연구에 따라 서로 불일치하

는 결과를 보여주었다.

본 연구는 관리기능의 차별적 노화가 있는지를 선행 연구들에 비해 개선된 방법론으로 검증하고자 수행되었다. 연구 설계의 주요 특징은 다음 세 가지였다.<sup>1)</sup> 첫째, 인지 노화의 연구는 청소년에서 노년에 이르는 폭 넓은 연령층이 필요하므로 대규모 표집이 요구된다. 그러나 선행 연구에서 표집수는 100명 내외인 경우가 가장 많았다(Albinet, Boucard, Bouquet, & Audiffren, 2012; Verhaeghen & De Meersman, 1998). 본 연구는 16-69세의 대규모 표집( $n=736$ )을 사용하여 충분한 통계적 검증력을 확보하였다. 둘째, 관리기능의 차별적 노화를 검증하려면 관리기능에 민감한 검사와 민감하지 않은 검사간의 짝지은 비교가 요구되지만, 선행 연구에서 이런 비교가 행해진 경우는 드물었다. 또한 비교를 하더라도 스트룹검사와 같이 한 과제나 영역에 머물고 여러 영역을 동시에 살펴 본 경우는 더욱 드물었다. 본 연구는 주의 영역, 언어 영역, 시공간 영역에서 관리기능 의존도(즉 관리기능을 필요로 하는 정도)의 강약에 따른 짝과제를 각각 구성하여 비교하였다. 이 짝과제들은 각종 임상 집단 대상의 선행 연구들에서 관리기능에 차별적 결손이 있는지의 검증에 유용하게 적용된 바 있다(강미진, 김홍근, 2012; 고승환, 김홍근, 2013; 김복남, 김홍근, 2011; 김홍근 등, 2009). 마지막으로, 거의 모든 선행 연구들이 정반응의 분석에 한정된 반면에 본 연구는 정반응뿐 아니라 오류반응도 분석하였다. 예를 들어, 앞서 한 반응을 되풀이하는 반복반응(perseverative responses)은 전두엽-관리기능 손상과 밀접히 관

1) 방법적 개선은 본 연구의 핵심적 사항의 일부이므로 개념적인 부분은 ‘서론’에서 논의하고 구체적인 방법은 ‘방법’에서 논의한다.

런된다(Malloy & Richardson, 1994; Vilkki, 1989). 본 연구는 이러한 반응이 연령에 따라 증가하는 경향이 있는지를 분석하였다. 오류반응의 분석은 정반응의 분석만으로는 보여줄 수 없는 수행의 질적 변화를 보여줄 수 있는 점에서 중요하다.

분석적 측면에서의 주요 특징은 다음 세 가지였다. 첫째, 선행 연구들은 연령 효과를 보통 연령과 점수와의 상관계수를 통해 살펴보았다(Crawford et al., 2000; Mittenberg et al., 1989; Salthouse, 2005; Whelihan & Lesh, 1985). 그러나 상관계수의 분석은 직선적 관계에 한정되는 제한점이 있다. 본 연구는 관리기능노화가설의 보다 유연한 검증을 위하여 연령과 짝과제 간의 상호작용을 살펴보았다. 만약 관리기능노화가설이 맞다면, 관리기능 의존도에 따라 ‘노화 곡선’이 다를 것이므로 연령과 짝과제 간의 상호작용이 유의할 것이다. 둘째, 각 인지검사 점수에서 연령의 선형(linear)과 2차형(quadratic) 효과를 분석하였다. 이 분석의 목적은 연령에 따른 인지 저하가 단조 감소(monotonous decrease)로만 특징할 수 있는지 혹은 속도 변화가 있는지를 변별하는 것이었다. 속도 변화의 전형적인 예로는 성인 초기에는 저하가 완만하다가 노년으로 갈수록 빨라지는 것이다. 선형 효과만 유의한 경우에는 단조감소의 가설이 유력하지만, 선형과 2차형이 모두 유의한 경우에는 속도 변화가 있다는 가설이 더 유력할 것이다. 마지막으로, 본 연구를 포함한 거의 모든 인지 노화 연구는 횡단적 자료에 기초한다. 종단적 연구는 자료 수집이 어렵다는 제한점이 있을 뿐 아니라 선택적인 피검사 소모(selective attrition), 연습 효과, 검사 시점의 차이라는 제한점도 따른다. 반면에 횡단적 연구는 자료 수집의 용이성에

서 장점이 있지만, 연령 효과가 생물학적 노화뿐 아니라 세대별(cohort)로 다른 환경 조건을 반영할 수 있다는 제한점이 있다. 이러한 환경 조건 중에는 교육수준이 포함된다. 교육수준은 인지검사의 수행에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 점 및 한국의 세대별 교육년수가 크게 다른 점에서 특히 중요한 변인이다(김홍근, 2001). 그러므로 본 연구의 모든 연령 분석에서는 세대별 교육수준을 공변인으로 통제하였다.

## 방 법

### 연구 대상

Kims 전두엽-관리기능 신경심리검사-II(김홍근, 2013a)의 제작을 위해 수집한 자료를 분석하였다. 이 자료는 해설서에 기준으로 제시된 것 외에는 본 연구에서 처음으로 보고되는 것이다.<sup>2)</sup> 연구 대상은 주로 영남지역에서 검사자들이 접촉 가능한 지역사회 거주자들을 대상으로 표집하였다. 연구에 관한 설명을 듣고 참여에 동의한 자들만을 대상으로 하였고, 면접 질문에서 주요 신경과나 정신과적 병력을 보고하는 자는 제외하였다. 피검사 수는 총 736명이었다. 표 1에는 연령대별 교육년수와 남/여 수가 제시되어있다. 표집의 가장 큰 목표는 연령대별 교육년수 분포를 통계청의

2) 피검사자들에게는 Rey-Kim 기억검사-II(김홍근, 2013b)의 표준화를 위한 검사도 실시하였다. Rey-Kim 기억검사-II와 관련된 자료는 선행 연구에서 보고하였다(김홍근, 김용숙, 2015). 본 연구에서 보고하는 자료는 이 자료와는 중복되지 않는다.

표 1. 연령집단별 표집수, 교육년수 및 성별수

집단	n	교육년수 [M(SD)]	성별수 [남/여]
16-24세	145	13.0(2.2)	71/74
25-34세	125	14.5(2.2)	72/53
35-44세	97	14.1(3.0)	30/67
45-54세	137	12.1(3.4)	55/82
55-64세	139	10.6(3.3)	60/79
65-69세	93	8.5(4.0)	42/51

2010년도 전국 통계치에 근접시키는 것이었다 (통계청, 2011). 그러므로 피검자들의 교육년수는 젊은 세대에서는 높고, 노년 세대로 갈수록 낮았다. 이를 반영하여 연령대별 교육년수는 유의하게 달랐다,  $F(5, 730)=58.6, p<.001$ . 성별은 연령대 25-34세는 남성이 더 많이 표집되었고 그 밖의 연령대는 여성이 더 많이 표집되었다. 이를 반영하여 연령대별 남/여 비율도 유의하게 달랐다,  $\chi^2(5)=18.2, p<.01$ . 그러므로 연령과 관련된 모든 분석에서는 교육년수와 성별을 공변인으로 투입하였다. 인지기능의 지역별 편차는 그리 크지 않은 편이며, 만약 있더라도 교육수준과 관련된 부분이 많을 것이다. 그러므로 특정 지역에서 표집한 경우라도 교육수준 분포가 전국 통계치와 유사하다면 편차는 최소한일 것으로 예상하였다.

#### 연구 절차

검사의 시행 및 채점에 관해 충분한 훈련을 받은 심리학 관련 학부 및 대학원생들이 검사를 실시하였다. 검사는 조용한 공간에서 검사자와 피검자가 일대 일로 면접한 상태에서 실시하였다. 검사소요 시간은 약 30분이었으며,

본 연구와 직접 관련이 없는 검사까지 포함한 총 소요 시간은 약 70분이었다. 검사자 및 피검자 각각에게 소정의 수고비를 주는 것을 원칙으로 하였지만, 여건에 따라서 주지 않은 사례들도 있었다. 다음 5개의 검사를 실시하였다.

#### 스트룹검사

Stroop(1935)이 만든 검사에 기초한 것으로 단순시행과 간접시행으로 나뉜다. 단순시행에서는 작은 원 50개가 인쇄된 검사판이 피검자에게 주어지며, 각 원이 인쇄된 색깔은 검정, 빨강, 노랑, 파랑 중 어느 하나이다. 피검자가 할 일은 50개 원 색깔을 하나씩 빨리 말하는 것이다. 간접시행에서는 색깔 단어 50개가 인쇄된 검사판이 피검자에게 주어지며, 색깔 단어는 ‘검정’, ‘빨강’, ‘노랑’, ‘파랑’ 중 어느 하나이다. 각 색깔 단어가 인쇄된 실제 색깔은 그 단어가 의미하는 색깔과 항상 불일치하였다. 예를 들어 색깔 단어 ‘검정’이 빨강색으로 인쇄되어 있었다. 피검자가 할 일은 50개 단어가 인쇄된 색깔을 하나씩 빨리 말하는 것이다. 단순시행과 간접시행 공히 측정치는 전체 50개의 말하기에 걸린 시간(초)이다.

#### 단어유창성

Benton(1968)의 FAS검사에 기초한 것으로 ‘s’시행, ‘o’시행, ‘g’시행으로 나뉜다. ‘s’시행에서 피검자가 할 일은 ‘s’으로 시작하는 단어를 가급적 빨리 말하는 것이다. ‘o’시행과 ‘g’시행도 시작하는 철자만 다를 뿐 절차는 같다. 각 시행에서 제한 시간은 1분이며, 측정치는 세 번의 시행에서 말한 정반응수를 합한 것이다.

### 도안유창성

Regard, Strauss, & Knapp(1982)의 Five-Point Test를 수정한 것으로 세 번의 시행으로 나뉜다. 각 시행에서 피검자에게는 5점으로 구성된 도안이 35번 반복해서 인쇄된 반응지가 주어지며, 피검자가 할 일은 각 5점 도안을 각기 다른 모양으로 가급적 빨리 연결하는 것이다. 5점 도안의 모양은 각 시행내에서는 동일하고, 시행간에는 다르다. 시행 당 제한 시간은 1분이며, 측정치는 세 번의 시행에서 그런 정반응수를 합한 것이다.

### 상식

K-WAIS-IV(황순택, 김지혜, 박광배, 최진영, 홍상환, 2012)의 소검사이다. 세상사에 관한 지식을 묻는 26문항이 난이도 순으로 배열되어 있다. 한 문항씩 검사자가 묻고 피검자가 답하는 식으로 일문일답식으로 진행하며, 각 문항은 맞으면 1점, 틀리면 0점으로 채점한다. 연속적으로 세 문항을 틀리는 경우 나머지 문항들은 시행하지 않고 틀린 것으로 간주한다.

### 빠진곳찾기

K-WAIS-IV(황순택 등, 2012)의 소검사이다. 물체나 풍경을 묘사한 그림에서 빠진 곳을 찾는 24문항이 난이도 순으로 배열되어 있다. 역시 검사자가 묻고 피검자가 답하는 일문일답식으로 진행하며, 각 문항은 맞으면 1점, 틀리면 0점으로 채점한다. 연속적으로 네 문항을 틀리는 경우 나머지 문항들은 시행하지 않고 틀린 것으로 간주한다.

검사는 상식을 가장 먼저 실시하고 그 다음에는 빠진곳찾기, 스트룹검사, 단어유창성, 도안유창성 순으로 실시하였다.

### 짝과제 구성

하위 인지기능은 주의, 언어, 시공간, 기억기능의 네 영역으로 크게 구분할 수 있다. 이 네 영역 각각에서 관리기능 의존도의 강약에 따라 짝과제를 구성하였다. 이 중 기억영역의 짝과제 결과는 선행 연구에서 보고하였으므로(김홍근, 김용숙, 2015), 본 연구는 나머지 세 영역의 짝과제 결과만을 보고한다. 각 영역에서 짝과제를 구성한 논리는 이전 연구에서 제시된 바 있지만(예, 김홍근 등, 2009), 본 연구에 중요하므로 다시 살펴보면 다음과 같다.

#### 짝과제 1: 스트룹간섭시행-스트룹단순시행

간섭시행에서는 글자에 주의를 주지 않고 색깔에만 주의를 주어야 하므로 주의기능의 통제가 필요하다. 반면에 단순시행에서는 방해 자극 없이 색깔에만 주의를 주면 되므로 주의기능을 통제할 필요성이 낮다. 그러므로 간섭시행은 관리기능 의존도가 높은 주의과제, 단순시행은 관리기능 의존도가 낮은 주의과제라고 가정하였다.

#### 짝과제 2: 단어유창성-상식

단어유창성에서 특정 철자로 시작하는 단어를 많이 말하는 것은 인지적 유연성이나 책략적 사고를 요구한다. 반면에 상식의 문항에 답하는 것은 학습된 지식에 기초하므로 인지적 유연성이나 책략적 사고의 역할이 낮다. 그러므로 단어유창성은 관리기능 의존도가 높은 언어과제, 상식은 관리기능 의존도가 낮은 언어과제라고 가정하였다.

### 작과제 3: 도안유창성-빠진곳찾기

도안유창성에서 서로 다른 도안을 많이 그리는 것은 인지적 유연성이나 책략적 사고를 요구한다. 반면에 빠진곳찾기의 문항에 답하는 것은 학습된 지식에 기반을 둬서 인지적 유연성이나 책략적 사고를 낮게 요구한다. 그러므로 도안유창성은 관리기능 의존도가 높은 시공간과제, 빠진곳찾기는 관리기능 의존도가 낮은 시공간과제라고 가정하였다.

### 오류점수 산출

오류점수는 스트룹검사, 단어유창성, 도안창성에 관해 산출하였다. 상식과 빠진곳찾기는 오류가 단순히 맞추지 못한 답에 불과하므로 정반응수와 완벽한 역상관을 이룬다. 그러므로 이 두 과제의 오류점수는 분석에 포함시키지 않았다. 분석에 포함된 각 오류점수를 살펴보면 다음과 같다.

#### 스트룹검사

간접시행과 단순시행 각각에서 오류점수를 산출하였다. 두 시행 공히 피검자가 잘 못 말하고서 스스로 수정하고 넘어간 경우는 1점, 잘 못 말하고서 수정하지 않고 넘어간 경우는 2점을 가산하였다. 그러므로 예를 들어, 잘 못 말하고서 수정한 경우가 3번, 수정하지 않은 경우가 2번이라면 오류점수는 7점( $3*1 + 2*2$ )이다.

#### 단어유창성

오류점수는 반복반응만 선별하여 산출하였다. 반복반응에 주목한 것은 전두엽-관리기능 손상과 연관된다는 보고에 따른 것이다(Malloy & Richardson, 1994; Vilkki, 1989) 반복반응에는

크게 다음 네 경우가 있다. 첫째, 앞에서 말한 단어와 동일한 단어를 다시 말한 경우(예, 사람-사람). 둘째, 앞에서 동사를 말한 후 어미만을 바꾸어 말한 경우(예, 사라지다-사라졌다). 셋째, 앞에서 합성어를 말한 후에 한 부분을 제거하고 말한 경우(예, 사과나무-사과). 넷째, 앞에서 말한 단어의 앞이나 뒤에 단어(음절)를 첨가하여 말한 경우(예, 사슴-수사슴). 이러한 반응들이 허용되지 않음은 사전에 피검자에게 예를 들어 설명하였다. 오류점수는 반복반응수/정반응수의 공식으로 산출하였다. 빈도가 아닌 비율로 측정치를 정한 것은 정반응수로부터 독립적인 측정을 하려는 의도였다.

#### 도안유창성

역시 반복반응만 선별하여 오류점수를 산출하였다. 도안유창성에서 반복반응은 앞에서 연결한 도안과 똑 같은 점들을 사용하여 똑 같이 연결한 도안이다. 반복반응 1개 당 1점을 가산하였다. 오류점수는 반복반응수/정반응수의 공식으로 산출하였다.

#### 자료 분석

모든 분석에서 연령대는 16-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, 65-69세의 여섯 군으로 구분하였다. 연령을 10년 단위로 구분한 것은 표준화된 지능검사에서 많이 사용되는 관례를 따른 것이다. 최고 연령대는 70-74세의 연령이 표집되지 않았으므로 65-69세로 집단화하였다. 모든 분석에서 교육년수와 성별을 공변인으로 투입하였으며, 성별은 남=1, 여=2로 더미코딩(dummy coding)하였다.

먼저 작과제별로 반복측정 공변량분석을 수



행하였다. 이 분석에서 독립변인은 연령, 공변인은 교육년수와 성별, 측정변인은 짝과제의 두 점수였다. 연령과 짝과제 간의 상호작용이 유의한 경우의 사후분석으로는 개별 과제별로 연령 효과를 검증하였다. 이 분석에서도 교육년수와 성별을 공변인으로 투입하였다. 개별 과제별 분석에서 연령 효과가 유의한 경우의 사후분석으로는 연령의 선형과 2차형 효과를 검증하였다. 3차형 이상은 연령 효과에서 유의한 경우가 드물고 이론적 해석이 어렵기 때문에 분석하지 않았다.

짝과제 1(스트룹간섭시행, 스트룹단순시행)은 원점수(완료시간, 초)를 분석하였다. 짝과제 2(단어유창성, 상식)와 3(도안유창성, 빠진곳찾기)은 각각 점수 단위가 다른 과제로 구성되므로 모두 z점수로 전환하여 분석하였다. z점수 전환에는 가장 낮은 연령층인 16-24세의 평균과 표준편차를 사용하였다. 전체 집단이 아닌 16-24세의 평균과 표준편차를 사용한 것은 16-24세를 평균 '0'의 참조 집단(reference group)으로 만들어 해석을 간편화시키려는 의도였다. z점수 전환에서 전체 집단의 평균과 표준편차를 사용하든 16-24세 집단의 평균과 표준편차를 사용하든 분포의 모양은 동일하다. 또한 연령과 짝과제 간 상호작용의 유의성도 어느 z점수를 사용하든 변화가 없었다. 그러므로 16-24세의 평균과 표준편차를 사용한 것은 결과 해석의 용이성에만 주로 관련하였다.

모든 분석은 SPSS 12.0을 사용하여 수행하였으며, 통계적 유의성을 판정하기 위한 임계치로는  $p < .01$ 을 사용하였다. 일반적 임계치인  $p < .05$ 보다 낮은 값을 사용한 것은 여러 검증이 수행됨에 비추어 보다 보수적인 기준을 적용하려는 의도였다. 모든 분석에는 통계적 유의성과 함께 효과 크기를 보고하였다. 효과

크기로는 partial  $\eta^2(\eta_p^2)$ 을 사용하였다.  $\eta_p^2$ 의 공식은  $SS_{effect}/(SS_{effect} + SS_{error})$ 이다.

## 결 과

### 연령과 짝과제의 상호작용효과

표 2에는 각 측정치의 공변량분석에서 추정된 연령별 평균, 표준오차, F검증 결과 및 효과 크기( $\eta_p^2$ )가 제시되어있다. 그림 1의 A-C에는 연령별 평균이 과제별로 제시되어있다. 과제별로 결과를 살펴보면 다음과 같다.

짝과제 1(스트룹간섭시행-스트룹단순시행)과 연령의 상호작용은 유의하였다,  $F(5, 728) = 14.4, p < .001, \eta_p^2 = .090$ . 그림 1A에서 보듯이, 연령에 따른 저하는 단순시행보다 간섭시행에서 더 급속하였다. 연령 효과는 두 시행 모두에서 유의하였지만, 효과 크기는 단순시행보다 간섭시행이 더 컸다(.157 vs. .206).

짝과제 2(단어유창성-상식)와 연령의 상호작용은 유의하였다,  $F(5, 728) = 20.4, p < .001, \eta_p^2 = .123$ . 그림 1B에서 보듯이, 연령에 따른 저하는 상식보다 단어유창성에서 더 급속하였다. 연령 효과는 두 과제 모두에서 유의하였지만, 효과 크기는 상식보다 단어유창성이 더 컸다(.027 vs. .220).

짝과제 3(도안유창성-빠진곳찾기)과 연령의 상호작용은 유의하였다,  $F(5, 728) = 4.7, p < .001, \eta_p^2 = .031$ . 그림 1C에서 보듯이, 연령에 따른 저하는 빠진곳찾기보다 도안유창성에서 더 급속하였다. 연령 효과는 두 과제 모두에서 유의하였지만, 효과 크기는 빠진곳찾기보다 도안유창성이 더 컸다(.166 vs. .246).

표 2. 각 측정치의 공변량분석에서 추정된 연령대별 평균, 표준오차, 연령 효과의 F검증, 효과 크기(공변인은 교육년수와 성별임)

측정치	연령(세)							F(5, 728)	$\eta_p^2$
	16-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-69			
짜과제 1									
스트룹단순시행	M	31.9	35.2	34.6	42.7	45.9	64.9	27.2***	.157
	SE	1.7	1.9	2.2	1.8	1.8	2.3		
스트룹간섭시행	M	50.2	52.6	55.0	68.8	72.0	105.2	37.7***	.206
	SE	2.5	2.8	3.1	2.5	2.6	3.4		
짜과제 2									
상식	M	-.10	.09	.09	.03	-.14	-.50	4.1**	.027
	SE	.08	.09	.10	.08	.09	.11		
단어유창성	M	-.07	-.18	-.57	-.85	-1.40	-1.69	41.2***	.220
	SE	.08	.09	.10	.08	.08	.11		
짜과제 3									
빠진곳찾기	M	-.04	-.04	-.07	-.63	-1.12	-1.75	28.9***	.166
	SE	.10	.11	.12	.10	.10	.13		
도안유창성	M	-.06	-.48	-.91	-1.28	-1.82	-2.43	47.6***	.246
	SE	.10	.11	.13	.10	.11	.14		

주. \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ . 짜과제 1은 원점수이고(완료시간, 초), 짜과제 2와 3은 z점수임.

요약하면 짜과제 1, 2, 3 모두가 연령과의 상호작용이 유의하였다. 각 상호작용은 연령에 따른 저하가 관리기능 의존도가 낮은 과제에 비해 높은 과제에서 더 급속함을 나타내었다.

#### 연령의 선형과 2차형 효과

표 3에는 연령의 선형과 2차형 효과의 F검증 결과 및 효과 크기가 각 측정치별로 제시되어 있다. 짜과제별로 결과를 살펴보면 다음과 같다.

짜과제 1의 경우, 스트룹간섭시행과 단순시행 각각에서 연령의 선형과 2차형 효과가 모두 유의하였다. 두 시행 모두에서 효과 크기는 2차형보다 선형이 더 컸다. 연령별 경향을 보면, 두 시행 모두 저하가 초기에는 완만하다가 중기와 후기로 갈수록 급속하였다(‘초기’, ‘중기’, ‘후기’는 기술의 편의상 사용한 용어이며 실제 분석을 세 집단으로 나누어 시행한 것은 아님). 그러나 중기 이후의 저하는 스트룹간섭시행에서 더 급속하였다(그림 1A 참고). 짜과제 2의 경우, 상식에서는 연령의 선형과 2차형 효과가 모두 유의하였다. 모든 짜과

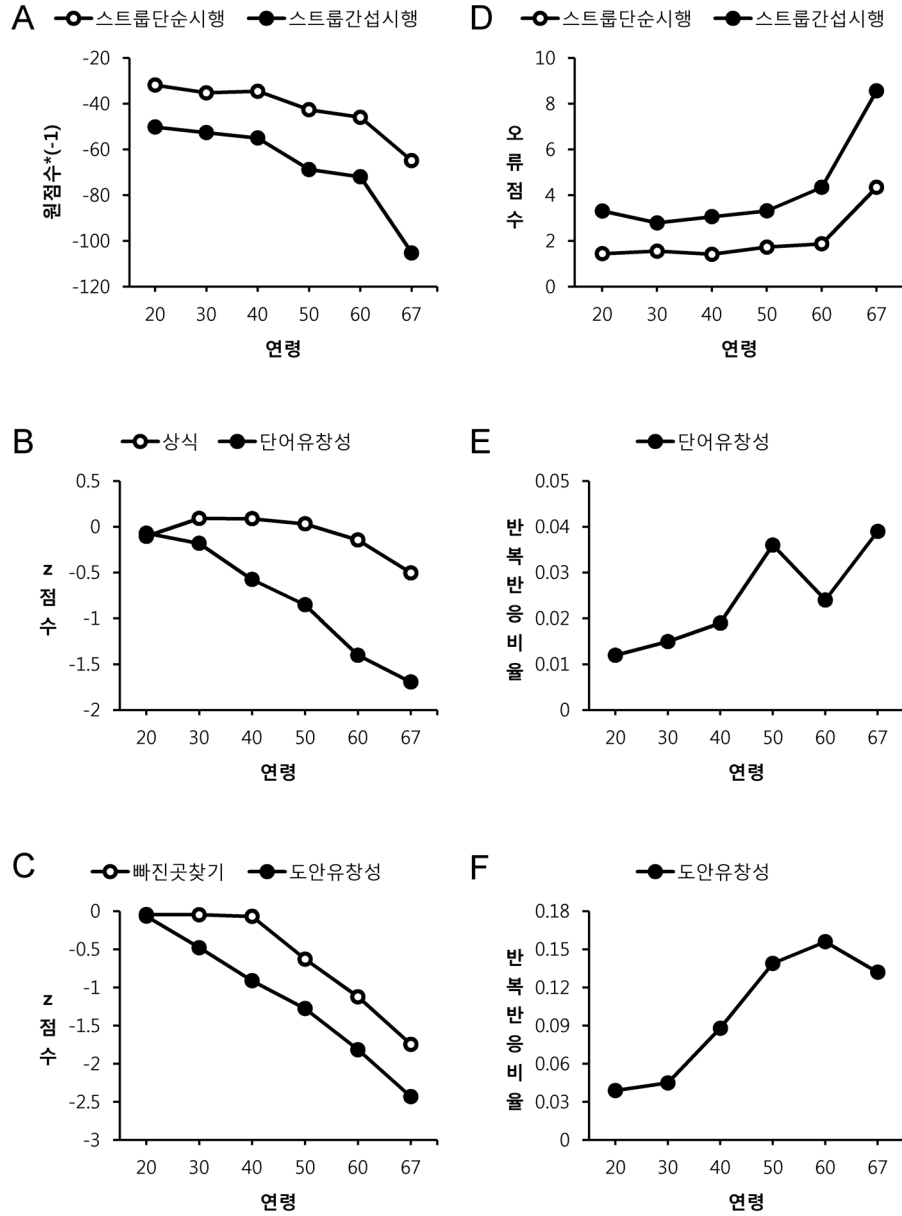


그림 1. A, B, C는 각각 짝과제 1, 2, 3 점수의 연령대별 평균을 보여 줌. D, E, F는 각각 스트룹검사, 단어유창성, 도안유창성 오류점수의 연령대별 평균을 보여 줌. 모든 평균은 공변량 분석에서 추정된 수치임(공변인은 교육년수와 성별). A는 수행이 낮을수록 y축의 낮은 쪽에 표시되도록 하기 위해서 원점수(완료시간, 초)에 -1을 곱하여 보여 줌. 각 그림에서 x축의 연령은 편의상 중앙값으로 표기함(예, 16-24세를 20으로 표기).

표 3. 각 측정치에서 연령의 선형과 2차형 효과

측정치	효과	F(1, 728)	$\eta_p^2$
짜과제 1			
스트룹단순시행	선형	124.6***	.144
	2차형	25.0***	.029
스트룹간섭시행	선형	173.7***	.189
	2차형	34.2***	.037
짜과제 2			
상식	선형	10.1**	.013
	2차형	15.2***	.020
단어유창성	선형	195.7***	.210
	2차형	3.0	.003
짜과제 3			
빠진곳찾기	선형	140.9***	.161
	2차형	22.0***	.025
도안유창성	선형	225.7***	.234
	2차형	1.7	.002

주. \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ .

제 점수 중 유일하게 상식에서는 선형보다 2차형의 효과 크기가 더 컸다. 연령별 경향을 보면, 초기는 완만한 상승, 중기는 유지, 후기는 완만한 하강을 보였다. 단어유창성에서는 선형 효과만 유의하고 2차형 효과는 유의하지 않았다. 연령별 경향을 보면, 초기부터 후기까지 일정한 속도로 급격하게 하강하였다(그림 1B 참고).

짜과제 3의 경우, 빠진곳찾기에서는 연령의 선형과 2차형 효과가 모두 유의하였지만, 효과 크기는 선형이 더 컸다. 연령별 경향을 보면, 초기와 중기 전반까지는 유지되다가 중기 후반부터 급속히 저하하였다. 도안유창성에서는 선형 효과만 유의하고 2차형 효과는 유의

하지 않았다. 연령별 경향을 보면, 초기부터 후기까지 일정한 속도로 급격하게 하강하였다(그림 1C 참고).

요약하면, 스트룹간섭시행-스트룹단순시행에서는 두 시행 모두에서 선형과 2차형 효과가 유의하였다. 단어유창성-상식 및 도안유창성-빠진곳찾기에서는 관리기능 의존도가 낮은 과제에서는 선형과 2차형 효과가 모두 유의하였지만, 관리기능 의존도가 높은 과제에서는 선형 효과만 유의하였다.

#### 오류점수의 연령 효과

표 4에는 각 오류점수의 공변량분석에서 추정된 연령별 평균, 표준오차, F검증 결과 및 효과 크기가 제시되어 있다. 표 5에는 연령의 선형과 2차형 효과의 F검증 결과 및 효과 크기가 오류점수별로 제시되어 있다. 그림 1의 D-F에는 각 오류점수의 연령별 평균이 제시되어 있다. 오류점수별로 결과를 살펴보면 다음과 같다.

스트룹검사에서 오류유형(간섭시행오류, 단순시행오류)과 연령의 상호작용은 유의하였다,  $F(5, 728)=4.4, p < .001, \eta_p^2=.029$ . 연령 효과는 단순시행오류와 간섭시행오류 모두에서 유의하였지만, 효과 크기는 간섭시행오류가 더 컸다(.049 vs. .072). 그림 1D에서 보듯이, 연령에 따른 상승은 단순시행오류보다 간섭시행오류가 더 급속하였다. 단순시행오류와 간섭시행오류 각각에서 연령의 선형과 2차형 효과가 모두 유의하였다. 그러나 각 시행에서 효과 크기는 2차형보다 선형이 더 컸다. 연령별 경향을 보면, 두 시행 모두에서 초기와 중기는 유지되다가 후기에 급속히 상승하였다. 그러나 후기의 상승 속도는 간섭시행오류가 더 급

표 4. 각 오류점수의 공변량분석에서 추정된 연령대별 평균, 표준오차, 연령 효과의 F검증, 효과 크기(공변인은 교육년수와 성별임)

측정치		연령(세)						F(5, 728)	$\eta_p^2$
		16-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-69		
스트룹단순시행 오류점수	M	1.44	1.56	1.42	1.73	1.88	4.34	7.6***	.049
	SE	.30	.34	.38	.31	.32	.41		
스트룹간접시행 오류점수	M	3.31	2.79	3.06	3.32	4.35	8.56	11.4***	.072
	SE	.47	.53	.59	.48	.49	.64		
단어유창성 반복반응 비율	M	.012	.015	.019	.036	.024	.039	7.0***	.046
	SE	.004	.004	.004	.004	.004	.005		
도안유창성 반복반응 비율	M	.039	.045	.088	.139	.156	.132	15.7***	.097
	SE	.011	.013	.014	.011	.012	.015		

주. \*\*\* $p < .001$ .

표 5. 오류점수에서 연령의 선형과 2차형 효과

측정치	효과	F(1, 728)	$\eta_p^2$
스트룹단순시행 오류점수	선형	23.7***	.031
	2차형	15.3***	.020
스트룹간접시행 오류점수	선형	38.5***	.049
	2차형	27.2***	.035
단어유창성 반복반응 비율	선형	27.6***	.041
	2차형	0.0	.000
도안유창성 반복반응 비율	선형	52.0***	.065
	2차형	4.6	.006

주. \*\*\* $p < .001$ .

속하였다.

단어유창성의 반복반응 비율에서 연령 효과는 유의하였다,  $F(5, 728)=7.0$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .046$ . 연령의 선형 효과는 유의하였지만, 2차형 효과는 유의하지 않았다. 그림 1E에서 보듯이, 반복반응 비율은 초기부터 후기까지 꾸준히 상승하였다.

준히 상승하였다. 연령대 45-54세에서 불규칙적으로 높은 ‘상승’이 있었지만, 진정한 연령 효과가 아닌 ‘자료 소음’(data noise)으로 추정된다.

도안유창성의 반복반응 비율에서도 연령 효과는 유의하였다,  $F(5, 728)=15.7$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .097$ . 연령의 선형 효과는 유의하였지만, 2차형 효과는 유의하지 않았다. 그림 1F에서 보듯이, 반복반응 비율은 초기부터 후기까지 꾸준히 상승하였다.

요약하면, 스트룹단순시행에 비해 간접시행에서 연령에 따른 오류점수 상승이 더 급속하였다. 단어유창성과 도안유창성에서는 연령이 높아감에 따라 반복반응이 유의하게 상승하였다.

#### 교육년수와 성별의 효과

교육년수와 성별은 본 연구의 주관심은 아

표 6. 각 측정치의 공변량분석에서 교육년수와 성별의 효과

측정치	교육년수		성별	
	F(1,728)	$\eta_p^2$	F(1,728)	$\eta_p^2$
짜과제 1				
스트룹단순시행	1.1	.002	1.5	.002
스트룹간섭시행	6.1*	.008	.4	.001
짜과제 2				
상식	77.7***	.096	42.4***	.055
단어유창성	51.1***	.066	.1	.000
짜과제 3				
빠진곳찾기	8.7**	.012	3.8	.005
도안유창성	21.6***	.029	6.0*	.008

주. \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ . 교육수준(년)은 연속변인이고, 성별은 남=1, 여=2로 더미코딩함.

니지만 효과를 간략히 살펴보면 다음과 같다. 표 6에는 각 측정치별로 연령이 독립변인이고, 교육년수와 성별이 공변인인 공변량분석을 실시했을 때의 교육년수와 성별의 F검증결과 및 효과 크기가 제시되어있다(연령의 결과는 표 2에 제시되어 있음). 교육년수의 효과는 스트룹간섭시행, 상식, 단어유창성, 빠진곳찾기, 도안유창성에서 유의하였다. 이 효과는 모두 교육년수가 높을수록 수행이 높은 경향을 반영하였다. 성별의 효과는 상식과 도안유창성에서 유의하였다. 이는 모두 여성에 비해 남성의 수행이 높은 경향을 반영하였다.

## 논 의

### 관리기능노화가설

관리기능노화가설은 관리기능에 민감한 검사에서 연령에 따른 수행 저하가 보다 급속할

것으로 예측한다. 세 짜과제의 분석 결과는 모두 이 예측과 일치하였다. 첫째, 세 짜과제 모두에서 짜과제와 연령간의 상호작용이 유의하였다. 각 상호작용은 연령에 따른 저하가 관리기능 의존도가 높은 과제에서 더 급속함을 나타내었다. 그러므로 스트룹단순시행보다 간섭시행, 상식보다 단어유창성, 빠진곳찾기보다 도안유창성에서 연령에 따른 저하가 더 급속하였다. 둘째, 연령의 선형과 2차형 효과를 분석한 결과도 관리기능노화가설을 지지하였다. 스트룹간섭시행-스트룹단순시행에서는 두 시행 모두에서 선형과 2차형 효과가 유의하였지만, 후기의 하강은 간섭시행에서 더 급속하였다. 단어유창성-상식에서는 단어유창성은 선형 효과만 유의하였고, 상식은 선형과 2차형 효과가 모두 유의하였다. 도안유창성-빠진곳찾기에서도 도안유창성은 선형 효과만 유의하였고, 빠진곳찾기는 선형과 2차형 효과가 모두 유의하였다. 이러한 결과는 관리기능 의존도가 높은 과제의 점수는 성인 초기부터 급속히

단조 하강하는 반면에, 관리기능 의존도가 낮은 과제의 점수는 초기에는 유지되다가 후기에 가서 하강함을 나타내었다. 마지막으로, 스트룹검사의 오류반응을 분석한 결과도 관리기능노화가설과 일치하였다. 즉 연령과 오류 유형의 상호작용이 유의하였으며, 이는 연령에 따른 오류반응 상승이 단순시행보다 간접시행에서 더 급속함을 나타내었다. 세 짝과제의 분석 결과가 모두 관리기능노화가설과 일치하는 점은 결과의 신뢰성과 일반화 정도를 높인다.

본 연구의 결과는 연령과의 역상관이 관리기능에 민감한 검사에서 더 높은 선행 연구들의 결과와 일치한다(Ferrer-Caja et al., 2002; Mittenberg et al., 1989; Rush, Barch, & Braver, 2006; Whelihan & Lesher, 1985). 반면에 이러한 역상관이 관리기능에 민감한 검사와 민감하지 않은 검사에서 유사한 선행 연구들의 결과와는 일치하지 않는다(Crawford et al., 2000; Salthouse, 2005; Verhaeghen & De Meersman, 1998). 후자의 연구들이 관리기능노화가설의 긍정에 실패한 이유는 분명하지 않지만 다음 몇 가지가 주요 원인일 수 있다. 첫째, 작은 크기의 표집으로 인해 통계적 검증력이 약했을 수 있다. 둘째, 관리기능에 민감한 검사라고 가정되었지만 실제로는 민감도가 낮은 검사를 사용했을 수 있다. 예를 들어, Crawford 등(2000)의 연구에서 관리기능에 민감하다고 가정된 6개의 검사들 중 3개는 연령과의 역상관 자체가 유의하지 않았다. 셋째, 상관관계에만 기초한 분석은 선형 관계만 밝힐 수 있는 점에서 가설 검증에 불리하게 작용했을 수 있다. 마지막으로, 교육년수와 같은 혼입 변인들이 적절히 통제되지 않은 것도 원인일 수 있다. 예를 들어, 젊은 세대와 노년 세대의 평균

교육년수가 다르기 때문에 세대별 교육년수가 동일하게 표집하는 것은 오히려 편향적일 수 있다. 본 연구는 대규모 표집에 근거하고, 관리기능 의존도의 강약에 따른 짝과제를 사용하였고, 연령과 짝과제의 상호작용을 분석하였으며, 교육년수를 공변인으로 통제하였다. 이러한 개선된 연구 설계와 분석이 관리기능의 차별적 노화의 효과적 탐지에 기여했다고 판단된다.

#### 다른 인지노화가설들

본 연구의 결과가 관리기능노화가설과 일치하지만 다른 대안적 가설도 고려해 볼 필요가 있다. 잘 알려진 지능이론에 따르면 지능은 새로운 문제를 해결하는 능력인 유동지능과 학습된 지식인 결정지능으로 구분할 수 있다. 이 지능이론에 따르면 결정지능보다 유동지능이 보다 빨리 노화한다(Horn & Cattell, 1967). 스트룹간접시행, 단어유창성, 도안유창성은 관리기능 의존도가 높지만, 유동지능 의존도가 높은 과제이기도 하다. 그러므로 본 연구의 결과는 유동지능이 더 빨리 노화하는 것을 나타내는 결과로도 해석할 수 있다. 그렇다면 관리기능노화가설과 유동지능노화가설 중 어느 것이 본 연구 결과를 더 잘 설명하는가? 이 문제는 관리기능과 유동지능이 의미적으로 중첩되는 점, 즉 유동지능이나 관리기능이 모두 고위 인지기능을 이론화하는 개념인 점에서 쉽게 답하기 곤란하다. 이러한 의미적 중첩 때문에 유동지능은 많이 요구하지만 관리기능은 작게 요구하는 과제를 상상하거나, 혹은 관리기능은 많이 요구하지만 유동지능은 작게 요구하는 과제를 상상하기 어렵다. 역사적 관점에서 보면 유동지능이 신경심리학적으

로 ‘재해석’된 개념이 관리기능이라고 볼 수도 있을 것이다. 그러므로 본 연구의 결과를 유동지능 혹은 관리기능 중심으로 해석할 것인가는 논리적 결정보다는 연구자의 개인적 선호에 가깝다(Duncan, Burgess, & Emslie, 1995; Parkin & Java, 1999). 다만 전두엽손상이나 노화와 관련된 신경심리학적 연구 성과들과의 연계성을 고려한다면 관리기능 중심의 해석이 더 확장성이 있다(Barkley, 2012; Bartzokis et al., 2001; Filley, 2011; Ratz et al., 1988). 예를 들어 대뇌피질의 노화가 전두엽에서 가장 급속하게 일어나는 점은 관리기능노화가설과는 잘 일치하지만 유동지능노화가설과는 직접적 연계성이 없다.

처리속도는 Wechsler지능검사의 지능요인 중 하나이며 많은 연구가 행해져왔다(황순택 등, 2012; Dennis & Cabeza, 2008). 특히 처리속도노화가설은 현재 인지 노화 분야에서 가장 많은 관심을 받는 이론의 하나이다(Albinet et al., 2012; Rush et al., 2006; Salthouse, 1996). 이 가설에 따르면 인지적 노화의 핵심은 처리속도가 둔화되는 것이다. 본 연구에서 스트룹간섭시행, 단어유창성, 도안유창성은 모두 빠른 답변을 요구하였다. 그러므로 처리속도노화가설도 본 연구 결과의 대안적 설명이 될 수 있다. 그러나 관리기능노화가설은 다음 몇 가지 점에서 보다 나은 설명을 제공한다. 첫째, 스트룹검사에서 단순시행과 간섭시행은 모두 처리속도를 강조하지만 연령에 따른 저하는 간섭시행에서 보다 급속하였다. 이 결과는 관리기능노화가설과는 일치하지만 처리속도노화가설로는 잘 설명할 수 없다. 둘째, 오류반응의 분석은 연령이 높아감에 따라 수행의 질적 변화가 있음을 보여주었다. 구체적으로, 스트룹간섭시행에서는 주의기능의 통제가 약화됨을 받

영하는 오류가 증가하였다. 단어유창성과 도안유창성에서는 전두엽-관리기능이 손상된 환자에서 특징적으로 나타나는 반복반응이 증가하였다(Malloy & Richardson, 1994; Vilkkii, 1989). 이러한 오류반응의 증가는 관리기능노화가설이 예측하는 바와 일치한다. 반면에 처리속도노화가설은 반응 속도의 둔화만을 가정하기 때문에 특정 형태의 오류가 증가하는 것은 잘 설명할 수 없다. 마지막으로, 연령에 따라 반응 속도가 느려지는 것은 일상 및 실증적 연구에서 잘 확립된 사실이다(Albinet et al., 2012; Salthouse, 1996). 그러나 이를 ‘처리속도의 둔화’라고 표현하는 것은 관찰된 현상을 다시 기술한 것이지 설명한 것이 아니라고도 볼 수 있다. 즉 인과적인 측면에서 처리속도의 둔화는 설명적 개념(원인)이 아니라 설명이 되어야 할 현상(결과)일 수 있다. 이런 점에서 처리속도라는 구성 개념(construct)으로 인지 노화를 설명하는 것은 이론적으로 만족스럽지 못한 부분이 있다.

#### 연구 제한점 및 결론

본 연구의 주요 제한점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구를 포함한 거의 모든 인지 노화 연구는 횡단적 자료에 기반을 둔다. 횡단적 자료에서 연령에 따른 차이는 노화뿐 아니라 세대별로 다른 환경적 경험을 반영할 수 있다. 이러한 환경적 경험에는 교육 경험 뿐 아니라 매스미디어 노출, 양육 방식, 사회적 관습, 역사적 사건 등이 포함된다(Kaufman, 1990). 본 연구는 교육 경험만 통제하고 다른 변인들은 통제하지 못했으므로 연령에 따른 변화가 교육 경험 이외의 세대별로 다른 변인들을 반영할 수 있다. 그러나 교육 경험과 기타의 세대



별 변인들 간에는 어느 정도의 상관성이 있다. 예를 들어, 교육수준이 높은 세대가 매스미디어에도 더 많이 노출된 세대이며, 탈전통적인 양육 방식도 더 많이 경험한 세대이다. 그러므로 교육경험을 통제한 것이 다른 세대별 변인들의 통제에도 어느 정도 기여했을 것이다. 이런 점에서 본 연구에서 연령에 따른 차이는 주로 노화를 반영하고 세대별 환경적 경험 차이를 반영하는 부분은 작다고 추정된다. 그렇지만 환경적 경험 차이로 인한 효과를 완전히 배제할 수는 없으므로 결과 해석에서 주의가 필요하다.

둘째, 짝과제가 관리기능 의존도뿐 아니라 다른 면에서도 다른 점이 있었다. 특히 단어 유창성-상식의 경우 단어유창성은 빠른 반응을 요구하지만 상식은 요구하지 않았다. 도안 유창성-빠진곳찾기의 경우도 도안유창성은 빠른 반응을 요구하지만 빠진곳찾기는 요구하지 않았다. 그러므로 이 짝과제들의 결과는 관리기능노화가설이 아니라 처리속도노화가설을 지지하는 것으로도 해석될 수 있다. 그러나 앞서 논의하였듯이 오류반응을 분석한 결과 및 스트룹검사의 결과는 관리기능노화가설과는 일치하지만 처리속도노화가설로는 잘 설명할 수 없었다. 그러므로 짝과제 구성의 제한 점에도 불구하고 관리기능노화가설에 기반한 결과 해석이 보다 타당한 것으로 판단된다.

마지막으로, 연령 집단 65-69세의 급간은 5년으로 다른 연령 집단보다 짧아서 편향적이었다. 또한 70세 이상의 노인은 포함되지 않아서 노인기의 관리기능 변화를 충분히 살펴볼 수 없었다. 평균 수명이 80세를 초과하는 현실에 비추어 향후 연구에서는 보다 고령의 노인들까지 포함시킨 연구 설계가 요구된다.

결론적으로, 본 연구의 결과는 관리기능이

다른 인지기능보다 빨리 노화된다는 가설을 지지한다. 저자들은 기억기능을 분석한 선행 연구에서 관리기능 의존도가 낮은 재인시행에 비해 관리기능 의존도가 높은 회상시행에서 연령에 따른 저하가 더 빠름을 제시하였다(김홍근, 김용숙, 2015). 이 연구와 본 연구의 결과를 종합하면 주의, 언어, 시공간, 기억기능의 네 가지 인지영역 모두에서 관리기능 의존도가 높은 과제에서 노화가 더 빠르다는 결론이 가능하다. 아동기에서 청년기에 이르는 발달 연구는 관리기능이 다른 인지기능보다 늦게까지 성숙함을 보여주었다(Huizinga, Dolan, & van der Molen, 2006; Luna, Garver, Urban, Lazar, & Sweeney, 2004). 이런 보고와 본 연구의 결과를 종합하면 “Last in, first out”, 즉 가장 늦게 성숙한 인지기능이 가장 먼저 쇠퇴한다는 결론이 가능하다. 비슷한 원리가 뇌성숙에도 적용된다. 여러 MRI 및 다른 뇌영상 연구들에 따르면, 전두엽은 가장 늦게까지 성숙이 일어나는 뇌부위일 뿐 아니라(Casey, Tottenham, Liston, & Durston, 2005; Gogtay et al., 2004) 가장 일찍 쇠퇴가 일어나는 뇌부위이다(Bartzokis, et al., 2001; Raz, et al., 1998). 향후 연구에서 뇌 측정과 관리기능 측정이 함께 이루어진다면 전두엽의 성숙 및 노화와 관리기능의 성숙 및 노화 간의 구체적인 관련성을 밝힐 수 있을 것으로 기대된다. 방법론적으로 본 연구의 가장 중요한 특징은 여러 짝과제를 구성하여 차별적 노화를 체계적으로 검증한 것이다. 이 짝과제들은 선행 연구들에서 임상 집단을 대상으로 관리기능에 차별적 결손이 있는가의 검증에 유용하게 적용된 바 있다(강미진, 김홍근, 2012; 고승환, 김홍근, 2013; 김복남, 김홍근, 2011; 김홍근 등, 2009). 본 연구의 결과는 짝과제 방법이 임상 집단의 연구뿐

아니라 일반인의 노화 영역에도 유용하게 적용될 수 있음을 보여준다. 그러므로 짝과제 방법의 지속적 개발은 관리기능의 심리학적 연구에 보다 다양한 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- 강미진, 김홍근 (2012). 아스퍼거 장애에서 관리기능(executive function)의 결손: 짝과제를 사용한 검증. *한국심리학회지: 일반*, 31, 581-598.
- 김승환, 김홍근 (2013). 병적 도박에서 관리기능(executive function)의 결손: 짝과제를 사용한 검증. *한국심리학회지: 임상*, 32, 481-498.
- 김복남, 김홍근 (2011). 알코올 의존 환자에서 전두엽-관리기능의 차별적 결손. *한국심리학회지: 일반*, 30, 443-459.
- 김홍근 (2001). 병전 지능 추정: 2001 년 이후. *한국심리학회지: 임상*, 20, 155-164.
- 김홍근 (2003). 지능검사와 신경심리검사는 무엇이 다른가? *한국심리학회지: 임상*, 22, 141-158.
- 김홍근 (2013a). Kims 전두엽-관리기능 신경심리검사-II: 해설서. 대구: 도서출판 신경심리.
- 김홍근 (2013b). Rey-Kim 기억검사-II: 해설서. 대구: 도서출판 신경심리.
- 김홍근, 김용숙 (2015). 한국인의 기억기능: 연령, 교육수준, 성별과의 관련성. *한국심리학회지: 임상*, 34, 125-145.
- 김홍근, 최영주, 이민영, 서석교 (2009). 정신분열병에서 전두엽-관리기능의 차별적 결손: 3개 연구의 통합 분석. *한국심리학회지: 일반*, 28, 319-342.
- 통계청 (2011). 2010 인구주택총조사 전수집계 결과(인구부문) 보도자료. 2011년 5월 30 일.
- 황순택, 김지혜, 박광배, 최진영, 홍상환. (2012). K-WAIS-IV: 실시 및 채점요강. 대구: 한국심리주식회사.
- Albinet, C. T., Boucard, G., Bouquet, C. A., & Audiffren, M. (2012). Processing speed and executive functions in cognitive aging: how to disentangle their mutual relationship? *Brain and Cognition*, 79, 1-11.
- Alvarez, J. A., & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: a meta-analytic review. *Neuropsychology Review*, 16, 17-42.
- Baddeley, R. A. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, 49, 5-28.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121, 65-94.
- Barkley, R. A. (2012). *Executive functions: what they are, how they work, and why they evolved*. New York: Guilford Press.
- Bartzokis, G., Beckson, M., Lu, P. H., Nuechterlein, K. H., Edwards, N., & Mintz, J. (2001). Age-related changes in frontal and temporal lobe volumes in men: a magnetic resonance imaging study. *Archives of General Psychiatry*, 58, 461-465.
- Benton, A. L. (1968). Differential behavioral effects in frontal lobe disease. *Neuropsychologia*, 6, 53-60.

- Buckner, R. L. (2004). Memory and executive function in aging and AD: multiple factors that cause decline and reserve factors that compensate. *Neuron*, 44, 195-208.
- Cabeza, R., & Dennis, N. A. (2012). Frontal lobes and aging: deterioration and compensation. In D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (2nd ed., pp.628-652). New York: Oxford University Press.
- Casey, B., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 104-110.
- Crawford, J. R., Bryan, J., Luszcz, M. A., Obonsawin, M. C., & Stewart, L. (2000). The executive decline hypothesis of cognitive aging: do executive deficits qualify as differential deficits and do they mediate age-related memory decline? *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 7, 9-31.
- Damasio, A. R., & Anderson, S. W. (1993). The frontal lobes. In K. M. Heilman & E. Valenstein (Eds.), *Clinical Neuropsychology* (pp. 409-460). New York: Oxford University Press.
- De Luca, C. R., Wood, S. J., Anderson, V., Buchanan, J.-A., Proffitt, T. M., Mahony, K., & Pantelis, C. (2003). Normative data from the CANTAB. I: development of executive function over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25, 242-254.
- Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review*, 12, 45-75.
- Dennis, N. A., & Cabeza, R. (2008). Neuroimaging of healthy cognitive aging. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (3rd ed., pp. 1-54). New York: Psychology Press.
- Duncan, J., Burgess, P., & Emslie, H. (1995). Fluid intelligence after frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*, 33, 261-268.
- Eslinger, P. J. (1996). Conceptualizing, describing, and measuring components of executive function: a summary. In G. R. Lyon & N. A. Krasnegor (Eds.), *Attention, memory, and executive function* (pp.367-395). Baltimore, MD: Brookes.
- Faw, B. (2003). Pre-frontal executive committee for perception, working memory, attention, long-term memory, motor control, and thinking: a tutorial review. *Consciousness and Cognition*, 12, 83-139.
- Ferrer-Caja, E., Crawford, J. R., & Bryan, J. (2002). A structural modeling examination of the executive decline hypothesis of cognitive aging through reanalysis of Crawford et al.'s (2000) data. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 9, 231-249.
- Filley, C. M. (2011). *Neurobehavioral anatomy* (2nd ed.). Boulder, CO: University Press of Colorado.
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., . . . Toga, A. W. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 8174-8179.
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1967). Age

- differences in fluid and crystallized intelligence. *Acta Psychologica*, 26, 107-129.
- Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2017-2036.
- Kaufman, A. S. (1990). *Assessing adolescent and adult intelligence*. Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Luna, B., Garver, K. E., Urban, T. A., Lazar, N. A., & Sweeney, J. A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development*, 75, 1357-1372.
- Malloy, P. F., & Richardson, E. D. (1994). Assessment of frontal lobe functions. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 6, 399-410
- Mega, M., & Cummings, J. (1994). Frontal-subcortical circuits and neuropsychiatric disorders. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 6, 358-370.
- Mittenberg, W., Seidenberg, M., O'leary, D. S., & DiGiulio, D. V. (1989). Changes in cerebral functioning associated with normal aging. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 11, 918-932.
- Morice, R., & Delahunty, A. (1996). Frontal/executive impairments in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 22, 125-137.
- Park, D. C., Smith, A. D., Lautenschlager, G., Earles, J. L., Frieske, D., Zwahr, M., & Gaines, C. L. (1996). Mediators of long-term memory performance across the life span. *Psychology and Aging*, 11, 621-637.
- Parkin, A. J., & Java, R. I. (1999). Deterioration of frontal lobe function in normal aging: influences of fluid intelligence versus perceptual speed. *Neuropsychology*, 13, 539-545.
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37, 51-87.
- Raz, N., Gunning-Dixon, F. M., Head, D., Dupuis, J. H., & Acker, J. D. (1998). Neuroanatomical correlates of cognitive aging: evidence from structural magnetic resonance imaging. *Neuropsychology*, 12, 95-114.
- Regard, M., Strauss, E., & Knapp, P. (1982). Children's production on verbal and non-verbal fluency tasks. *Perceptual and Motor Skills*, 55, 839-844.
- Robbins, T. W., James, M., Owen, A. M., Sahakian, B. J., Lawrence, A. D., McInnes, L., & Rabbitt, P. (1998). A study of performance on tests from the CANTAB battery sensitive to frontal lobe dysfunction in a large sample of normal volunteers: Implications for theories of executive functioning and cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4, 474-490.
- Royall, D. R., Lauterbach, E. C., Cummings, J. L., Reeve, A., Rummans, T. A., Kaufer, D. I., . . . Coffey, C. E. (2002). Executive control function: a Review of its promise and challenges for clinical research. A report from the committee on research of the American Neuropsychiatric Association. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 14, 377-405.

- Rush, B. K., Barch, D. M., & Braver, T. S. (2006). Accounting for cognitive aging: context processing, inhibition or processing speed? *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13, 588-610.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.
- Salthouse, T. A. (2005). Relations between cognitive abilities and measures of executive functioning. *Neuropsychology*, 19, 532-545.
- Salthouse, T. A. (2010). Selective review of cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16, 754-760.
- Salthouse, T. A., Atkinson, T. M., & Berish, D. E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 566-594.
- Salthouse, T. A., Fristoe, N., & Rhee, S. H. (1996). How localized are age-related effects on neuropsychological measures? *Neuropsychology*, 10, 272-285.
- Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychological Research*, 63, 289-298.
- Treitz, F. H., Heyder, K., & Daum, I. (2007). Differential course of executive control changes during normal aging. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14, 370-393.
- Verhaeghen, P., & De Meersman, L. (1998). Aging and the Stroop effect: a meta-analysis. *Psychology and Aging*, 13, 120-126.
- Vilkki, J. (1989). Perseveration in memory for figures after frontal lobe lesion. *Neuropsychologia*, 27, 1101-1104.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120, 272-292.
- Whelihan, W. M., & Leshner, E. L. (1985). Neuropsychological changes in frontal functions with aging. *Developmental Neuropsychology*, 1, 371-380.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- 1차원고접수 : 2014. 10. 09.  
수정원고접수 : 2015. 01. 20.  
최종게재결정 : 2015. 03. 31.

## Faster aging of executive function: Evidence from a paired-task comparison

Hongkeun Kim

Daegu University

Yong Suk Kim

Daegu Haany University

This study is conducted to verify the hypothesis stating the executive function of a human brain loses its efficiency relatively faster than other cognitive functions in accordance with the body age. In this analysis, 736 healthy participants between age 16 to 69 were recruited and three paired tasks were performed depending the subjects' independency level of their executive functions. The three paired tasks were Stroop Interference Trial vs. Stroop Simple Trial, Verbal Fluency vs. Information, and Design Fluency vs. Picture Completion. The data for each paired task were subject to analysis of covariance in which "age" was the independent variable and "years of education" and "gender" were two covariants. The result shows that there is a statistically significant relationship between the paired tasks and the age of participants. In this interaction, the decreasing rate of participant age-considered performance is greater in the tasks demanding a higher level of executive function. Thus, the age-related performance decline was faster in Stroop Interference Trial relative to Stroop Simple Trial, Verbal Fluency relative to Information, and Design Fluency relative to Picture Completion. In terms of erroneous responses, it showed age-related increases in errors on Stroop Interference Trial and perseverative responses in Verbal and Design Fluency. These results are consistent with the executive decline hypothesis of cognitive aging. The previous studies have provided the evidence that the executive function matures more slowly than nonexecutive cognitive functions. Considering this evidence, this study results lead to a conclusion that the cognitive functions that mature slowly are also age faster, or more succinctly expressed, it is a "Last in, first out".

*Key words* : executive function, aging, frontal lobe, paired-task