재활치료과학 제 10 권 제 4 호
Therapeutic Science for Rehabilitation
Vol. 10. No. 4. 2021.
https://doi.org/10.22683/tsnr.2021.10.4.081

노화 및 인지 능력에 따른 인지반응시간 비교

김은미[*], 김정완[**]

[*]대구대학교 일반대학원 재활과학과 언어치료전공 석사
[**]대구대학교 재활과학대학 언어치료학과 교수

국문초록

목적 : 반응시간은 인지 능력과 노화에 대한 연구에서 중요한 역할을 한다. 본 연구는 컴퓨터 프로그램을 이용한 인지반응시간(Cognitive response time: CRT) 검사를 실시하여 정보처리에 대한 인지 능력의 영향을 확인하는 것을 목적으로 한다.

연구방법 : 대구 및 경북 지역에 거주하고 있는 65~79세의 일반 노인(Normal elderly: NE) 30명과 기억성 경도인지장애(Amnestic mild cognitive impairment: aMCI) 노인 30명을 대상으로 하였다. 결과 분석은 통계 분석 프로그램 R 4.0.2(University of Auckland, Auckland, New Zealand)를 사용하였다.

결과 : CRT 검사의 세 개 하위 영역에서의 총 반응시간은 집단 및 연령에 따라 유의한 차이를 보였고, 오류율은 일부 하위 영역에서 연령 또는 집단에 따라 유의한 차이를 보였다. aMCI 집단의 CRT 검사 수행력은 전반적인 인지 및 기억 검사의 수행력과 유의한 상관성을 갖는 것으로 나타났다.

결론 : 인지반응시간을 측정하는 CRT 검사를 통해 노화 및 인지 능력에 따른 정보처리과정과 처리속도의 변별적 수행을 관찰할 수 있었다. 또한, 이 검사의 수행력이 전반적인 인지 및 기억 검사와 유의한 상관성을 갖고 있음을 확인하였다. 따라서 지역사회 일반 노인의 초기 인지장애를 예측하는 간편 도구로써 CRT 검사가 의미있게 사용될 수 있기를 기대한다.

주제어 : 노화, 인지반응시간, 인지장애

Ⅰ. 서 론

경도인지장애(Mild cognitive impairment: MCI)는 정상적인 노화에서 알츠하이머치매(Alzheimer's dementia: AD)로의 전환에 있어서 증상이 점차적으로 나타나는 질병이기에 정상 노화와 알츠하이머치매 사

교신저자 : 김정완(thfrj@daum.net)
|| 접수일: 2021.01.18 || 심사일: 2021.03.18
|| 게재승인일: 2021.03.31

논문은 김은미(2021)의 석사학위 논문을 수정 보완한 것임.

이의 경도인지장애라고 불리는 과도기적 상태에 대해서 널리 연구되고 있다. 경도인지장애의 원인은 알려지지 않았으나 경도인지장애와 알츠하이머치매는 비슷한 위험요인을 가지고 있으며, 경도인지장애는 알츠하이머치매로 진행할 가능성이 상대적으로 높다. 경도인지장애가 노화 과정에 의한 정상적인 인지 저하와 치매 사이의 전이 상태를 나타낼 수 있다는 가설에 근거하여, 경도인지장애의 조기 진단과 잠재적인 치료는 치매를 지연시키거나 예방할 수 있다(Brookmeyer, Gray, & Kawas, 1998).

신경심리학적 평가는 상당한 비용이 요구되기 때문에 경도인지장애와 치매 사이의 인지적 경계를 차별화시킬 수 있는 비용 효율적인 진단 도구가 필요하다(Wallert et al., 2018). 반응시간(Response time: RT)은 뇌의 비침습적 처리를 평가하기 위해 신경과학과 심리학에서 가장 널리 사용되는 척도이다(Wong, Goldsmith, Forrence, Haith, & Krakauer, 2017). 반응시간은 감각 자극의 제시와 행동 반응 사이의 경과 시간이며(Shelton & Kumar, 2010), 사람이 주변 환경과 성공적으로 상호작용할 수 있는 효율성의 지표이다(Haworth et al., 2016). 처리속도의 연령 관련 변화는 노인이 경험하는 인지기능 저하의 주요 예측 인자이자(Salthouse & Ferrer-Caja, 2003), 일상활동에 도움이 필요한 사람들에 대한 강력한 예측 변수이다(Wahl, Schmitt, Danner, & Coppin, 2010). Salthouse(1996b)는 처리속도가 인지의 기본 요소이며, 일반 노인들이 보이는 작업 기억 및 다른 인지 검사에서의 결함은 처리속도의 저하로 설명할 수 있다고 제안했다. 반응시간은 연령, 피로, 자극의 강도, 지속시간, 연습 효과 등을 포함하여 다양한 요인에 의해 영향을 받으며(Kosinski, 2013), 나이가 들수록 인지 검사에서의 반응시간은 느려진다(Ratcliff, Spieler, & McKoon, 2000).

행동반응시간(Behavioral response time: BRT)은 정보처리속도의 측정치로써 인지신경과학 연구에 널리 사용되고 있다(Tuch et al., 2005). 행동반응시간은 주의력, 인지, 지각 등 뇌 기능의 보존성 및 효율성과 관련하여 중요한 요소이기 때문에 일상기능의 변화를 실제 지표로 제시하며, 기억성 경도인지장애(Amnestic mild cognitive impairment: aMCI)와 알츠하이머치매에 관련된 증상 및 행동 변화를 설명할 수 있다(Haworth et al., 2016). 인간이 정보를 처리하는 속도와 일관성은 인지 저하를 보이는 환자들에게 사용될 수 있는 진단 잠재력을 가지고 있는데(Wallert et al., 2018), 이러한 인지기능의 정량화에 대해서 가장 단순하고 널리 연구된 것이 반응시간이다(Donders, 1969). 적절한 방법론적 설계로 반응시간을 사용하여 다양한 처리 수준과 서로 다른 처리 및 자원 수요에 대응하여 주의력, 지각, 시각 처리 및 인지 등 뇌기능의 특정 측면의 완전성을 평가할 수 있다(Phillips, Rogers, Haworth, Bater, & Tales, 2013).

Mangone 등(2017)이 개발한 인지반응시간(Cognitive response time: CRT) 검사는 초기 인지 저하의 민감한 지표를 나타내는 반응시간과 오류를 포함하고 있어서 경도인지장애를 진단하고 평가하는데 효율적인 도구이다. CRT 검사는 학습 능력, 주의력, 단기 기억, 장기 기억, 작업 기억 및 시각적 구성 능력에 따라 인지 저하, 느린 처리속도 및 작업 기억 변경을 평가하기 위한 검사로 사용되었으며, 다양한 인지 영역에 대한 정량적 평가를 제공할 수 있다. 그러므로 국내에서 많이 사용하는 인지기능 검사와의 비교를 통해 인지 저하의 심각성을 평가하는데 유용한 도구가 될 수 있다.

대부분 반응시간에 대한 연구는 건강한 노년층에 한정되어 있으며, 인지가 저하되거나 둔화된 노인들의 동작 반응 속도에 대해 살펴본 연구는 없다. 또한, 최근 노년층의 행동반응시간에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 인지 작업에서 반응시간을 측정하여 자세히 다룬 연구는 없다. 연령이 증가할수록 운동 속도 및 운동기능이 자연적으로 감소하여 이 능력이 전산화 인지 반응 프로그램의 사용에 영향을 미칠 수 있지만, 이러한 연관성에 관한 연구는 부족한 실정이다. 인지처리속도는 고차원의 인지 작업을 수행하는 능력과 밀접한 관련이 있으며(Lichtenberger & Kaufman, 2012), 노화 과

정에서 복잡한 인지 측정에 대한 수행의 결손을 일으키는 핵심 문제로 간주되기 때문에(Salthouse, 1996a; Salthouse & Ferrer-Caja, 2003) 처리속도는 인지기능에 중요한 영향을 미친다.

따라서 본 연구에서는 CRT 검사를 실시하여 노화 및 인지 능력에 따른 수행치를 비교하고, CRT 검사의 하위영역 검사 중 시각운동기호 검사에서 인지 능력이 정보처리과정에 어떠한 영향을 미치는지 파악하며, 전반적인 인지 및 기억 검사의 수행력과 상관성을 살펴보고자 한다. 이를 통해 초기 인지장애를 예측하는 간편 도구로써 CRT 검사의 유용성을 파악하고자 한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대구 및 경북 지역에 거주하고 있는 65~79세의 일반 노인(Normal elderly: NE) 30명과 기억성 경도인지장애 노인 30명을 대상으로 하였으며, 신경학적·정신적 질병이 있거나 연구 과제를 수행하기에 있어 시력과 청력에 문제가 있는 자는 제외하였다.

일반 노인은 한국판 몬트리올 인지 평가(Korean-Montreal Cognitive Assessment: K-MoCA, Kang, Park, Yu, & Lee, 2009)와 한국판 노인 우울 척도 단축형(Geriatric Depression Scale Short Form Korea Version: GDSSF-K, Kee, 1996)을 실시하여 인지기능이 정상 범주에 속하고, 우울감이 없으며, 본인 또는 보호자 보고에 의해 '기억력 문제 호소가 있나요?'라는 질문에 '아니요'라고 답한 노인들로 선정하였다.

기억성 경도인지장애 노인은 K-MoCA와 GDSSF-K를 실시하여 인지기능이 -1SD 이상으로 정상 범주에 속하고, 우울감이 없으며, 한국판 바텔 일상 활동 지표(Bathel ADL Index, Kim, Won, & Rho, 2004) 결과, 정상 범위에 속하는 자들로 서울 신경심리 검사(Seoul Neuropsychological Screening Battery: SNSB, Kang & Na, 2003)에 포함된 서울언어학습검사(Seoul Verbal Learning Test: SVLT)의 즉각 회상, 지연 회상 및 재인 검사 결과 -1SD 미만에 속하는 노인들로 선정하였다.

본 연구에 참여한 두 집단의 일반적인 정보와 동질성 검정을 위해 독립표본 t-검정을 실시한 결과는 Table 1과 같다. 두 집단 간 연령, 교육수준 및 GDS 점수에서는 유의한 차이 없었지만(p>.05), K-MoCA 점수에서는 집단 간 유의한 차이가 있었다(p<.001).

2. 연구 도구

본 연구는 Mangone 등(2017)이 개발한 CRT 검사를 원저자의 동의하에 한국판으로 제작하여 사용하였다. CRT 검사는 S사의 15인치 NT900X5H 노트북 모델과 C사의 팬터그래프 방식의 블루투스 키패드인 KP3269BT 모델을 사용하여 진행하였다.

Table 1. Subject's General Information

	NE (n=30)	aMCI (n=30)	t
Age	70.5(±4.78)	70.27(±4.08)	-0.204
Education	11.27(±2.79)	10.13(±3.50)	-1.387
K-MoCA	25.3(±1.88)	19.9(±2.50)	-9.468***
GDSSF-K	2.13(±1.48)	2.27(±1.46)	0.351

*p<.05, **p<.01, ***p<.001
aMCI=amnestic mild cognitive impairment; GDSSF-K=Geriatric Depression Scale Short Form Korea; K-MoCA=Korean-Montreal Cognitive Assessment; NE=normal elderly

1) CRT 검사의 컴퓨터 전산화 모델 제작

CRT는 자바(Java) 소프트웨어 jdk 1.8.0_191(Oracle, Austin, USA)을 이용하여 제작하였다. CRT 검사는 숫자 자극이 시각으로 제시되는 시각 숫자 버전, 청각으로 제시되는 청각 숫자 버전, 그리고 기호 자극이 시각으로 제시되는 시각 기호 버전으로 구성하였다. CRT 검사의 세 개 버전은 검사 실시마다 자극이 무작위로 제시되며 자극과 자극 사이의 간격은 10초로 설정하였다. 시각 숫자 버전과 시각 기호 버전의 첫 화면은 Figure 1, 2와 같다. 시각 기호 버전의 맨 위 보기에서 사용된 글자체는 Serif BOLD이며, 글자 크기는 75pt이다. 시각 숫자 버전과 시각 기호 버전에서 제시되는 시각 자극의 글자체는 Serif BOLD이고, 글자 크기는 100pt이며, 청각 숫자 버전에서 제시되는 청각 자극은 TTSMP3.com (Gantert IT, Leimen, Germany)에서 음성 변환본을 추출하여 사용하였다.

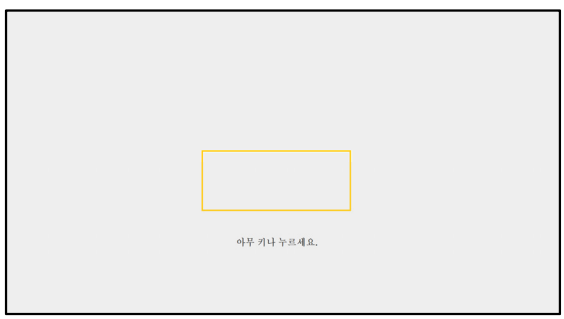

Figure 1. First Screen of Visual Number Version

Figure 2. First Screen of Visual Symbol Version

2) CRT 검사의 문항 구성

운동과 시각운동숫자 검사는 숫자 자극으로 제시하였으며, 시각운동기호 검사는 컴퓨터 키패드의 특정 숫자 자극에 해당하는 기호 자극으로 제시하였다. 하위 영역 검사들은 각 60문항으로 총 180개의 문항으로 평가할 수 있다. 세 개 하위 영역 검사의 자극 유형은 Table 2, 3과 같다.

3) CRT 검사의 문항 배열 방법

제시되는 자극은 반복과 인접 효과(Adjacent effect)를 배제하기 위해 n번째 배열의 숫자를 랜덤으로 지정하되, 키패드에서 앞·뒤 문항과 연속 및 근접하지 않도록 배열하였다

3. 연구 절차

본 실험은 외부 소음이 검사를 수행하는데 미치는 영향을 배제하기 위해 조용한 공간에서 1:1로 실시하였다.

Table 2. Motor and Visomotor (number) Test Stimulation Type

Stimulation type									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

Table 3. Visomotor (symbol) Test Stimulation Type

Stimulation type									
!	@	#	$	%	^	&	*	(	)

1) 운동 검사

본 실험은 청각 숫자 버전으로 실시하였다. 본 실험에 앞서 대상자에게 검사를 이해시키기 위해 2개의 연습 문항을 실시한 후 본 검사를 시작하였다. 연구자는 대상자에게 “노트북에서 0부터 9까지의 숫자 중 1개를 무작위로 들려줄 겁니다. 숫자를 듣고 해당하는 숫자를 키패드에서 눌러주세요. 화면이 아닌 키패드에 집중하셔야 합니다. 제한시간은 10초이고 10초 안에 키패드를 누르지 않으면 다음 문항으로 넘어가게 됩니다. 잘못 누르시거나 누르는 걸 놓치더라도 이전 문항에 연연해하시지 말고 제시되는 문항에 집중해주세요.”라고 설명하였다. 대상자는 60개의 문항을 약 3분간 실시하였다.

2) 시각운동숫자 검사

본 실험은 시각 숫자 버전으로 실시하였다. 본 실험에 앞서 대상자에게 검사를 이해시키기 위해 2개의 연습 문항을 실시한 후 본 검사를 시작하였다. 연구자는 대상자에게 “이번에는 키패드가 아닌 노트북 화면에 집중해주세요. 화면의 중앙에 0부터 9까지의 숫자 중 1개가 무작위의 순서로 나타납니다. 화면의 숫자를 보고 동일한 숫자를 키패드에서 눌러주세요. 제한 시간은 10초이고 10초 안에 키패드를 누르지 않으면 다음 문항으로 넘어가게 됩니다. 잘못 누르시거나 누르는 걸 놓치더라도 이전 문항에 연연해하시지 말고 제시되는 문항에 집중해주세요.”라고 설명하였다. 대상자는 60개의 문항을 약 3분간 실시하였다. 시각운동숫자 검사의 화면은 Figure 3과 같다.

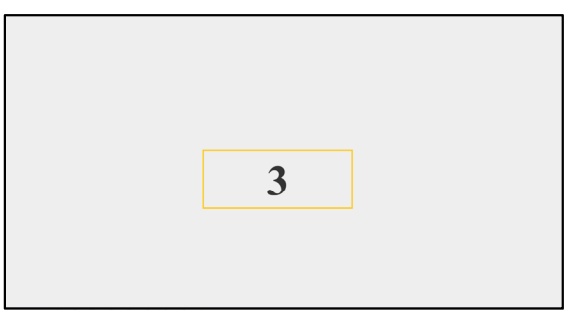

Figure 3. Screen of Visomotor (number) Test

3) 시각운동기호 검사

본 실험은 시각 기호 버전으로 실시하였다. 본 실험에 앞서 대상자에게 검사를 이해시키기 위해 2개의 연습 문항을 실시한 후 본 검사를 시작하였다. 연구자는 대상자에게 “화면의 위쪽을 보면 0부터 9까지의 숫자와 숫자에 해당하는 기호가 나열되어 있습니다. 이 기호들은 키패드의 특정 숫자에 해당하는 특수 기호들입니다. 이번에는 화면의 중앙에 기호가 나타납니다. 기호와 쌍을 이루는 숫자를 위의 보기에서 찾고 그 숫자를 키패드에서 눌러주세요. 제한 시간은 10초이고 10초 안에 키패드를 누르지 않으면 다음 문항으로 넘어가게 됩니다. 잘못 누르시거나 누르는 걸 놓치더라도 이전 문항에 연연해하시지 말고 제시되는 문항에 집중해주세요.”라고 설명하였다. 대상자는 60개의 문항을 약 5분간 실시하였다. 시각운동기호 검사의 화면은 Figure 4와 같다.

Figure 4. Screen of Visomotor (symbol) Test

4. 자료 처리

1) 정오반응

대상자가 숫자 자극을 보고 듣거나 또는 기호 자극과 쌍을 이루는 숫자 자극을 보고 키패드에서 목표 자극을 정확하게 선택하면 정반응으로 처리하였다. 목표 자극이 아닌 다른 자극을 선택하거나 제한 시간 내에 자극에 대해 반응을 하지 못하면 오반응으로 처리하였다. 본 실험 전에 실시한 연습 문제는 정오반응 점수에 포함하지 않았다.

2) 반응시간

대상자의 반응시간은 숫자와 기호 자극이 음성으로 제시되거나 화면에 나타나는 순간부터 대상자가 키패드를 누르기까지의 시간을 초(sec)로 측정하였다. 한 문항에 주어진 시간은 10초로 제한 시간 내에 반응을 보이지 않으면 0초로 기록하였다.

오반응의 반응시간은 인지 처리 시간의 측면에서 반응시간에 대한 직접적인 해석을 방지하기 위해 정확도가 동시에 고려되어야 한다. Townsend와 Ashby(1983)는 속도와 오류를 결합하는 방법에 대한 문제를 다루기 위해 역효율 점수(Inverse efficiency score: IES)를 제시하였다. IES는 오류율의 차이를 보상하기 위해 반응시간과 오류율을 하나의 점수로 결합하는데 사용되며, 반응시간(1-PE(Percentage of errors)) 또는 정반응 비율(Proportion of correct responses: PC)을 나누어 분석한다.

3) 오류 유형

시각운동기호 검사의 자극은 컴퓨터 키패드의 특정 숫자에 해당하는 특수 기호이며, 자극 중에서 유사한 형태(예: '$'↔'&', '('↔ ')')를 가진 자극 문항에 대하여 대치를 보이면 '왜곡 오류'로 보았다. 반복되는 반응을 보이거나 이전 문항의 자극에 대한 반응을 보이면 '보속 오류'로 보았고, 검사에서 제시되는 자극은 인접 효과를 배제하여 제작되었기에 본 문항의 자극에 대해서 상하좌우의 오류를 보이면 '인접 오류'로 보았으며, 주어진 시간 내에 반응을 보이지 않으면 '무반응'으로 보았다.

5. 자료 분석

5세 단위로 구분한 세 개의 연령 그룹(65~69세, 70~74세, 75~79세)과 네 개의 교육수준(6년, 9년, 12년, 16년)에 따라 CRT 검사의 수행력 차이를 알아본 결과, 교육수준에 따른 차이는 유의하지 않았으며, 연령에 따른 차이는 65~69세와 70~79세의 두 그룹으로 나뉘는 양상을 보였다. 따라서 연령을 두 그룹으로 재범주화하여 CRT 검사의 세 개 하위 영역 검사에서 총 반응시간과 오류율이 집단 및 연령에 따라 유의한 차이가 존재하는지 알아보기 위해 이원분산분석(Two Way ANOVA)을 실시하였다. CRT 검사의 하위 영역 검사 중 시각운동기호 검사에서 집단별 오류 유형 비율을 살펴보기 위해 질적 분석을 실시하였으며, CRT 검사의 세 개 하위 영역 검사에서 총 반응시간과 오류율이 전반적인 인지 및 기억 검사의 수행력과 어떠한 상관관계를 보이는지 알아보기 위해 Pearson 상관분석을 실시하였다. 결과는 통계 분석 프로그램 R 4.0.2(University of Auckland, Auckland, New Zealand)를 사용하여 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 집단 및 연령에 따른 세 개 하위 영역 검사 별 총 반응시간과 오류율

1) 운동 검사에서의 총 반응시간과 오류율

운동 검사에서 집단 및 연령에 따른 총 반응시간과 오류율에 대한 기술통계는 Table 4와 같다. 총 반응시간에서 집단(F=121.17, p<.001)과 연령(F=16.55, p<.001)의 주효과는 유의하였으나, 집단과 연령 간(F=.00, p>.05) 상호작용 효과는 유의하지 않았다(Table 5). 오류율에서 연령(F=4.773, p<.05)의 주효과는 유의하였으나, 집단(F=.418, p>.05)의 주효과와 집단과 연령 간(F=2.761, p>.05) 상호작용 효과는 유의하지 않았다(Table 6).

2) 시각운동숫자 검사에서의 총 반응시간과 오류율

시각운동숫자 검사에서 집단 및 연령에 따른 총 반응시간과 오류율에 대한 기술통계는 Table 7과 같다. 총 반응시간에서 집단(F=118.674, p<.001)과 연령(F=20.450, p<.001)의 주효과는 유의하였으나, 집단과

Table 4. Descriptive Statistics on Total RT and Error Rate in Motor Test According to Group and Age

		Age(*n*)	NE	aMCI
Motor	Total RT	65~69(*n*=15)	80.31(5.98)	104.35(8.78)
		70~79(*n*=15)	89.21(8.06)	113.20(10.38)
	Error rate	65~69(*n*=15)	1.00(1.64)	0.56(1.03)
		70~79(*n*=15)	1.23(1.60)	2.23(2.23)

aMCI=amnestic mild cognitive impairment; NE=normal elderly; Total RT=Total Response Time

Table 5. Two Way ANOVA on Total RT in Motor Test According to Group and Age

	Df	Sum Sq	Mean Sq	*F*
Group	1	8649	8649	121.17***
Age	1	1181	1181	16.55***
Group: Age	1	0	0	.00

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 6. Two Way ANOVA on Error Rate in Motor Test According to Group and Age

	Df	Sum Sq	Mean Sq	*F*
Group	1	1.18	1.176	.418
Age	1	13.44	13.443	4.773*
Group: Age	1	7.78	7.776	2.761

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 7. Descriptive Statistics on Total RT and Error Rate in Visomotor (number) Test According to Group and Age

		Age(*n*)	NE	aMCI
Visomotor (number)	Total RT	65~69(*n*=15)	71.16(10.25)	100.30(5.07)
		70~79(*n*=15)	82.58(12.05)	114.04(13.72)
	Error rate	65~69(*n*=15)	0.89(1.88)	1.43(2.41)
		70~79(*n*=15)	1.65(2.43)	1.21(1.59)

aMCI=amnestic mild cognitive impairment; NE=normal elderly; Total RT=Total Response Time

연령 간(F=.173, p>.05) 상호작용 효과는 유의하지 않았 (F=.246, p>.05)의 주효과와 집단과 연령 간(F=.811, 다(Table 8). 오류율에서 집단(F=.008, p>.05)과 연령 p>.05) 상호작용 효과는 유의하지 않았다(Table 9).

Table 8. Two Way ANOVA on Total RT in Visomotor (number) Test According to Group and Age

	Df	Sum Sq	Mean Sq	*F*
Group	1	13770	13770	118.674***
Age	1	2373	2373	20.450***
Group: Age	1	20	20	.173

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 9. Two Way ANOVA on Error Rate in Visomotor (number) Test According to Group and Age

	Df	Sum Sq	Mean Sq	*F*
Group	1	.04	.038	.008
Age	1	1.09	1.094	.246
Group: Age	1	3.60	3.602	.811

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

3) 시각운동기호 검사에서의 총 반응시간과 오류율

시각운동기호 검사에서 집단 및 연령에 따른 총 반응시간과 오류율에 대한 기술통계는 Table 10과 같다. 총 반응시간에서 집단(F=378.662, p<.001)과 연령(F=34.320, p<.001)의 주효과는 유의하였으나, 집단과 연령 간(F=.008, p>.05) 상호작용 효과는 유의하지 않았다(Table 11). 오류율에서 집단(F=16.273, p<.001)의 주효과는 유의하였으나, 연령(F=.962, p>.05)의 주효과와 집단과 연령 간(F=.175, p>.05) 상호작용 효과는 유의하지 않았다(Table 12).

Table 10. Descriptive Statistics on Total RT and Error Rate in Visomotor (symbol) Test According to Group and Age

		Age(*n*)	NE	aMCI
Visomotor (symbol)	Total RT	65~69(*n*=15)	137.26(14.75)	241.83(18.92)
		70~79(*n*=15)	169.07(17.13)	272.71(29.13)
	Error rate	65~69(*n*=15)	1.33(1.91)	5.66(5.99)
		70~79(*n*=15)	2.01(1.80)	7.33(6.56)

aMCI=amnestic mild cognitive impairment; NE=normal elderly; Total RT=Total Response Time

Table 11. Two Way ANOVA on Total RT in Visomotor (symbol) Test According to Group and Age

	Df	Sum Sq	Mean Sq	*F*
Group	1	162584	162584	378.662***
Age	1	14736	14736	34.320***
Group: Age	1	3	3	.008

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 12. Two Way ANOVA on Error Rate in Visomotor (symbol) Test According to Group and Age

	Df	Sum Sq	Mean Sq	*F*
Group	1	349.5	349.5	16.273***
Age	1	20.7	20.7	.962
Group: Age	1	3.8	3.8	.175

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

2. 집단별 시각운동기호 검사에서의 오류 유형 비율 비교

일반 노인 집단에서는 왜곡 오류(66.70%)가 가장 높게 나타났으며, 보속 오류(16.70%), 인접 오류(12.50%), 무반응(4.10%) 순으로 출현하였다. 기억성 경도인지장애 노인 집단에서는 왜곡 오류(40.50%)가 가장 높게 나타났으며, 보속 오류(28.10%), 무반응(20.20%), 인접 오류(11.20%) 순으로 출현하였다(Table 13).

3. CRT 검사의 수행력과 전반적인 인지 및 기억 검사 간의 상관관계

1) 일반 노인

일반 노인 집단에서 CRT 검사의 수행력은 K-MoCA 및 SVLT 검사와 유의한 상관관계가 나타나지 않았다(Table 14).

2) 기억성 경도인지장애 노인

운동 검사에서 총 반응시간은 지연 회상(r=-.45,

Table 13. Percentage of Error Types by Group (%)

		NE	aMCI
Error type	Distortion	66.70	40.50
	Perseveration	16.70	28.10
	Adjacent	12.50	11.20
	No response	4.10	20.20

aMCI=amnestic mild cognitive impairment; NE=normal elderly

Table 14. Correlation Between CRT Test Performance and K-MoCA and SVLT tests in the NE

		K-MoCA	Immediate recalls	Delayed recall	Recognition
Motor	Total RT	-.14	-.01	-.04	-.29
	Error rate	.17	-.03	-.12	.01
Visomotor (number)	Total RT	-.13	-.26	-.29	-.29
	Error rate	.09	.13	.01	-.03
Visomotor (symbol)	Total RT	-.32	-.31	-.27	-.34
	Error rate	-.15	-.18	.05	.07

*p<.05, **p<.01, ***p<.001; Total RT=Total response time

Table 15. Correlation Between CRT Test Performance and K-MoCA and SVLT Tests in aMCI

		K-MoCA	Immediate recalls	Delayed recall	Recognition
Motor	Total RT	-.14	-.11	-.45*	-.41**
	Error rate	-.33	-.24	-.25	-.33
Visomotor (number)	Total RT	-.16	-.13	-.61***	-.63***
	Error rate	-.17	-.05	.05	.06
Visomotor (symbol)	Total RT	-.33	-.46**	-.73***	-.72***
	Error rate	-.52**	-.18	-.34	-.27

*p<.05, **p<.01, ***p<.001; Total RT=Total response time

p<.05)과 재인(r=-.41, p<.01)에 대해 유의한 부적 상관관계가 나타났다. 시각운동숫자 검사에서 총 반응시간은 지연 회상(r=-.61, p<.001)과 재인(r=-.63, p<.001)에 대해 유의한 부적 상관관계가 나타났다. 시각운동기호 검사에서 총 반응시간은 즉각 회상(r=-.46, p<.01), 지연 회상(r=-.73, p<.001) 및 재인(r=-.72, p<.001)에 대해 유의한 부적 상관관계가 나타났으며, 오류율은 K-MoCA(r=-.52, p<.01)에 대해 유의한 부적 상관관계가 나타났다(Table 15).

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 CRT 검사를 실시하여 노화 및 인지 능력에 따른 수행치를 비교하고, CRT 검사의 하위 영역 검사 중 시각운동기호 검사에서 인지 능력이 정보처리과정에 어떠한 영향을 미치는지 파악하며, 전반적인 인지 및 기억 검사의 수행력과 상관성을 살펴보았다. 이를 통해 초기 인지장애를 예측하는 간편 도구로써 CRT 검사의 유용성을 파악하고자 하였다. 본 연구의 결과를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, CRT 검사의 세 개 하위 영역 검사별 총 반응시간에서 기억성 경도인지장애 노인 집단은 일반 노인 집단에 비해 유의하게 느린 수행 결과를 보였다. 최근 연구에 따르면, 기억성 경도인지장애 환자의 내측 측두엽 위축과 처리속도의 감소 및 기능장애 증가 사이의 관계가 발견되면서 해마 및 내후각피질(Entorhinal cortex)의 위축이 처리속도의 감소와 기능장애 증가로 이어질 수 있다고 알려졌다(Brown et al., 2013). 또한, 정보처리속도는 백질 경로의 완전성과 관련이 있으며(Cocklin et al., 2013), 백질은 신경전달속도에 관여하기 때문에 백질 손상은 기본적인 인지기능 장애를 일으킨다(Palmer et al., 2012). 따라서 처리속도의 감소는 정보를 통제할 수 있는 능력을 제한하게 만드는 인지적 결함으로 이어진다(Martorelli et al., 2020). 위의 선행 연구들과 같이 본 연구에서도 기억성 경도인지장애 노인 집단의 느린 처리속도를 확인할 수 있으며, 기억성 경도인지장애 노인 집단을 일반 노인 집단과 비교하였을 때, 구조적 또는 기능적으로 대뇌에 변화가 있다는 것을 CRT 검사를 통해서 파악할 수 있다.

CRT 검사의 세 개 하위 영역 검사별 총 반응시간에서 70~79세 집단은 65~69세 집단보다 유의하게 느린 수행 결과를 보였다. 노화는 주의력, 정신 제어(Mental control), 처리속도 및 시각 공간의 처리 저하와 관련이 있을 수 있는 실행 기능과 작업 기억의 영역에 영향을 미치며(Tseng, Cullum, & Zhang, 2014), 전환과 같은 중앙 집행 기능과 관련된 작업의 복잡성에 따라(Tun & Lachman, 2008) 노화 과정에서 반응시간이 느려질 수 있다. 노화와 관련된 인지 저하가 여러 인지 기능에 영향을 미치면서 정보처리속도의 감소를 발생시킨다는 것을 알 수 있다.

CRT 검사의 하위 영역 검사 중 운동 검사의 오류율

에서 일반 노인과 기억성 경도인지장애 노인의 70~79세 집단은 일반 노인과 기억성 경도인지장애 노인의 65~69세 집단보다 유의하게 많은 오류율을 보였으며, 시각운동기호 검사의 오류율에서 기억성 경도인지장애 노인 집단은 일반 노인 집단보다 유의하게 많은 오류율을 보였다. 이러한 결과는 노화가 뇌기능의 감소를 유발하여 반응 정확도에 영향을 미치기 때문에 연령이 증가함에 따라 오류가 많이 발생했음을 알 수 있다. 검사의 난이도는 노인에게 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며(Hoffmann & Falkenstein, 2011), 노화가 진행됨에 따라 주의력 상실, 불필요한 자극 억제의 실패 및 인지 제어의 효율성 변화로 반응 정확도에 영향을 줄 수 있다. 기억성 경도인지장애는 정보처리능력이 낮기 때문에 인지 처리 과정에서 많은 오류가 발생할 수 있으며(Martorelli et al., 2020), 검사의 요구 사항, 단서 유형 및 단서 유용성에 영향을 받기 때문에(McLaughlin, Anderson, Rich, Chertkow, & Murtha, 2014) 운동 검사와 시각운동숫자 검사와는 달리 인지적 요구가 많이 포함되는 시각운동기호 검사에서 더 많은 오류가 나타났다고 해석할 수 있다. 연구 결과는 인지 저하에 따라 수행력의 정확성이 낮다는 것을 입증한 선행 연구의 결과와 일치한다(Pirozzolo, Christensen, Ogle, Hansch, & Thompson, 1981).

둘째, CRT 검사의 하위 영역 검사 중 시각운동기호 검사에서 집단별 오류 유형을 분석한 결과, 일반 노인 집단과 기억성 경도인지장애 노인 집단에서는 왜곡과 보속 오류가 많이 나타났다. 이러한 결과는 시각운동기호 검사에서 정해진 시간 내에 빠른 정보처리와 정확한 반응에 대한 부담 및 인지 처리 과정에서 요구되는 여러 인지기능의 사용이 기호 식별에 대한 혼동을 유발하여 왜곡 오류를 빈번하게 발생시켰다는 것을 알 수 있다. 또한, 노화 과정에서 감소된 주의력과 정보처리과정에서 빠른 전환이 발생하지 않으면서 이전 자극에 대한 반응이나, 연속적인 자극 반응인 보속 오류가 발생했다고 해석할 수 있다. 일반 노인 집단에서는 무반응 오류가 4.1%로 네 가지의 오류 유형 중 제일 적게 나타났지만, 기억성 경도인지장애 노인 집단에서는 20.2%로 세 번째로 많이 나타났다. 이는 기억성 경도인지장애 노인 집단에서 처리속도의 감소가 분명해지면서(Bublak et al., 2011; Ruiz-Rizzo et al., 2017), 주어진 시간 내에 정보를 처리하지 못하여 무반응의 오류가 많이 나타났다고 해석할 수 있다.

셋째, 기억성 경도인지장애 집단에서 K-MoCA 점수가 높을수록 시각운동기호 검사의 오류율이 적었다. 기억 검사 중 즉시 회상 점수가 높을수록 시각운동기호 검사의 총 반응시간은 빨라졌으며, 지연 회상과 재인 점수가 높을수록 운동, 시각운동숫자와 시각운동기호 검사의 총 반응시간이 빨라졌다. 이러한 결과는 인지 및 기억 점수가 낮을수록 정보처리에 어려움이 발생하여 총 반응시간이 길어지게 되며, 오류율이 많은 것으로 해석할 수 있다. K-MoCA 및 SVLT 검사는 세 가지 하위 영역 검사 중 시각운동기호 검사와 유의한 상관성을 많이 보였다. 이러한 결과는 시각운동기호 검사가 질병 상태를 가장 잘 예측할 수 있으며, 기억성 경도인지장애에 대한 최상의 예측 변수임을 알 수 있다. 기억 문제가 객관적으로 드러나지 않는 상황에서는 반응시간과 같은 정보처리속도가 정상군과 비정상군을 변별해주는 중요 지표일 수 있으나, 기억성 경도인지장애와 같이 객관적인 기억문제를 갖고 있는 집단의 경우에는 시각운동기호 검사에서 오류율을 분석하여 비교하는 것이 K-MoCA 수행력과도 상관성이 높으며 인지문제를 확인하기에 더 적절하다고 볼 수 있다.

V. 결 론

CRT 검사의 총 반응시간은 노화 및 인지 능력 따라 수행력의 차이가 나타남을 확인할 수 있었으며, 노화는 '단순 반응시간'을 수행하는 데 영향을 미치는 반면, 인지 능력은 '선택 반응시간'을 수행하는데 많은 영향을 미쳐 오류가 발생함을 알 수 있었다. 또한, 시각운동기호 검사에서의 오류 유형을 분석해봄으로써 인지 능력

에 따른 정보처리과정에 대해 파악할 수 있었으며, 시각 운동기호 검사가 인지장애를 판별하는데 유용한 도구가 될 수 있다는 것을 알 수 있었다. 본 연구는 인지기능 저하를 예측할 수 있는 반응시간을 컴퓨터 프로그램을 이용하여 검사 진행하였다. 컴퓨터 프로그램을 이용한 CRT 검사는 자극이 제시된 순간부터 행동이 나오기까지의 반응시간에 대한 정확한 측정이 가능하다는 이점이 있다. 기억성 경도인지장애의 조기 발견을 위해서 사용되는 신경 촬영법은 대부분 침습적인 방식으로 이루어지는데 반해, 본 연구에서 사용된 도구는 비침습적 검사이기 때문에 누구나 부담 없이 편리하게 사용할 수 있다. 마지막으로 다양한 인지 영역을 평가라는 느낌 대신 게임을 하는 느낌으로 접근할 수 있기 때문에 연구 상황이 아니라 지역사회의 일반 노인을 대상으로 해당 프로그램을 편하게 실시할 수 있다는 점에서 큰 의의를 지닌다.

References

Brookmeyer, R., Gray, S., & Kawas, C. (1998). Projections of alzheimer's disease in the united states and the public health impact of delaying disease onset. *American Journal of Public Health*, *88*(9), 1337-1342. doi:10.2105/ajph.88.9.1337

Brown, P. J., Liu, X., Sneed, J. R., Pimontel, M. A., Devanand, D. P., & Roose, S. P. (2013). Speed of processing and depression affect function in older adults with mild cognitive impairment. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, *21*(7), 675-684. doi:10.1016/j.jagp.2013.01.005

Bublak, P., Redel, P., Sorg, C., Kurz, A., Főrstl, H., Műller, H. J., ... Finke, K. (2011). Staged decline of visual processing capacity in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Neurobiology of Aging*, *32*(7), 1219-1230. doi:10.1016/j.neurobiolaging.2009.07.012

Cocklin, H. M., Ashford, J. M., Pinto Di, M., Vaughan, C. G., Goia, G. A., Merchant, T. E., ... Wu, S. (2013). Computerized assessment of cognitive late effects among adolescent brain tumor survivors. *Journal of Neuro-Oncology*, *113*(2), 333-340. doi:10.1007/s11060-013-1123-5

Donders, F. C. (1969). On the speed of mental processes. *Acta Psychologica*, *30*, 412-431. doi:10.1016/0001-6918(69)90065-1

Haworth, J., Phillips, M., Newson, M., Rogers, P. J., Torrens-Burton, A., & Tales, A. (2016). Measuring information processing speed in mild cognitive impairment: Clinical versus research dichotomy. *Journal of Alzheimer's Disease*, *51*(1), 263-275. doi:10.3233/JAD-150791

Hoffmann, S., & Falkenstein, M. (2011). Aging and error processing: Age related increase in the variability of the error-negativity is not accompanied by increase in response variability. *PLOS One*, *6*(2), 1-9. doi:10.1371/journal.pone.0017482

Kang, Y. W., & Na, D. L. (2003). *Seoul Neuropsychological Screening Battery (SNSB)*. Incheon, Korea: Human Brain Research & Consulting Co.

Kang, Y. W., Park, J. S., Yu, K. H., & Lee, B. C. (2009). A reliability, validity, and normative study of the Korean-Montreal Cognitive Assessment (K-MoCA) as an instrument for screening of Vascular Cognitive Impairment (VCI). *Korean Journal of Clinical Psychology, 28*(2), 549-562. doi:10.15842/kjcp.2009.28.2.013

Kee, B. S. (1996). A preliminary study for the standardization of Geriatric Depression Scale short form-Korea version. *Journal of Korean Neuropsychiatric Association, 35*(2), 298-307.

Kim, S. Y., Won, C. W., & Rho, Y. G. (2004). The validity and reliability of Korean version of Bathel ADL Index. *Korean Journal of Family Medicine, 25*(7), 534-541.

Kosinski, R. J. (2013). *A literature review on reaction time*. Retrieved from Clemson University website: http://www.cognaction.org/cogs105/readings/clemson.rt.pdf

Lichtenberger, E. O., & Kaufman, A. S. (2012). *Essentials of WAIS-IV Assessment* (2nd ed., pp. 22). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Mangone, C. A., Escalante, N., Gigena, V., de Pascale, A. M., Olguin, J., Lopez Amoedo, I., ... & Katz, M. E. (2017). Estandarización del test de reacción cognitiva. Comprobación de su utilidad en el diagnóstico del deterioro cognitivo minimo. *Neurologia Argentina, 9*(3), 163-172. doi:10.1016/j.neuarg.2017.06.001

Martorelli, M., Hartle, L., Coutinho, G., Mograbi, D. C.,

Chaves, D., Silberman, C., & Charchat-Fichman, H. (2020). Diagnostic accuracy of early cognitive indicators in mild cognitive impairment. *Dementia and Neuropsychologia*, *14*(4), 358-365. doi:10.1590/1980-57642020dn14-040005

McLaughlin, P. M., Anderson, N. D., Rich, J. B., Chertkow, H., & Murtha, S. J. (2014). Visual selective attention in amnestic mild cognitive impairment. *The Journals of Gerontology: Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, *69*(6), 881-891. doi:10.1093/geronb/gbt077

Palmer, S. L., Gass, J. O., Li, Y., Ogg, R., Qaddoumi, I., Armstrong, G. T., ... Reddick, W. E. (2012). White matter integrity is associated with cognitive processing in patients treated for a posterior fossa brain tumor. *Journal of Neuro-Oncology*, *14*(9), 1185-1193. doi:10.1093/neuonc/nos154

Phillips, M., Rogers, P., Haworth, J., Bayer, A., & Tales, A. (2013). Intra-individual reaction time variability in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: Gender, processing load and speed factors. *PLOS One*, *8*(6), 1-12. doi:10.1371/journal.pone.0065712

Pirozzolo, F. J., Christensen, K. J., Ogle, K. M., Hansch, E. C., & Thompson, W. G. (1981). Simple and choice reaction time in dementia: Clinical implications. *Neurobiology of Aging*, *2*(2), 113-117. doi:10.1016/0197-4580(81)90008-7

Ratcliff, R., Spieler, D., & McKoon, G. (2000). Explicitly modeling the effects of aging on response time. *Psychonomic Bulletin & Review*, *7*(1), 1-25. doi:10.3758/bf03210723

Ruiz-Rizzo, A. L., Bublak, P., Redel, P., Grimmer, T., Műller, H. J., Sorg, C., & Finke, K. (2017). Simultaneous object perception deficits are related to reduced visual processing speed in amnestic mild cognitive impairment. *Neurobiology of Aging*, *55*, 132-142. doi:10.1016/j.neurobiolaging.2017.03.029

Salthouse, T. A. (1996a). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, *103*(3), 403-428. doi:10.1037/0033-295x.103.3.403

Salthouse, T. A. (1996b). General and specific speed mediation of adult age differences in memory. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, *51*(1), 30-42. doi:10.1093/geronb/51B.1.P30

Salthouse, T. A., & Ferrer-Caja, E. (2003). What needs to be explained to account for age-related effects on multiple cognitive variables? *Psychology and Aging*, *18*(1), 91-110. doi:10.1037/0882-7974.18.1.91

Shelton, J., & Kumar, G. (2010). Comparison between auditory and visual simple reaction times. *Neuroscience and Medicine*, *1*(1), 30-32. doi:10.4236/nm.2010.11004

Townsend, J. T., & Ashby, F. G. (1983). Self-terminating vs exhaustive search strategies. In J. T. Townsend, F. G. Ashby, *Stochastic modeling of elementary psychological processes* (1st ed., pp. 204). Cambridge: Cambridge University Press.

Tseng, B. Y., Cullum, C. M., & Zhang, R. (2014). Older adults with amnestic mild cognitive impairment exhibit exacerbated gait slowing under dual-task challenges. *Current Alzheimer Research*, *11*(5), 494-500. doi:10.2174/1567205011666140505110828

Tuch, D. S., Salat, D. H., Wisco, J. J., Zaleta, A. K., Hevelone, N. D., & Rosas, H. D. (2005). Choice reaction time performance correlates with diffusion anisotropy in white matter pathways supporting visuospatial attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *102*(34), 12212-12217. doi:10.1073/pnas.0407259102

Tun, P. A., & Lachman, M. E. (2008). Age differences in reaction time and attention in a national telephone sample of adults: Education, sex, and task complexity matter. *Developmental Psychology*, *44*(5), 1421-1429. doi:10.1037/a0012845

Wahl, H. W., Schmitt, M., Danner, D., & Coppin, A. (2010). Is the emergence of functional ability decline in early old age related to change in speed of cognitive processing and also to change in personality? *Journal of Aging and Health*, *22*(6), 691-712. doi:10.1177/0898264310372410

Wallert, J., Westman, E., Ulinder, J., Annerstedt, M., Terzis, B., & Ekman, U. (2018). Differentiating patients at the memory clinic with simple reaction time variables: A predictive modeling appproach using support vector machines and bayesian optimization. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *10*, 1-13. doi:10.3389/fnagi.2018.00144

Wong, A. L., Goldsmith, J., Forrence, A. D., Haith, A. M, & Krakauer, J. W. (2017). Reaction times can reflect habits rather than computations. *Elife*, *6*, 1-18. doi:10.7554/eLife.28075

Abstract

Comparison of Cognitive Response Time according to Ageing and Cognitive Ability

Kim, Eun-Mi[*], M.S., S.P., Kim, Jung-Wan[**], Ph.D., S.P.

[*]Dept. of Speech and Language Pathology, Graduate School of Rehabilitation, Daegu University, Master

[**]Dept. of Speech Pathology, Daegu University, Professor

Objective : Response time plays a prominent part in research on cognitive ability and the aging effect. This study aimed to identify the impact of cognitive ability on information processing by conducting cognitive response time (CRT) using a computer program.

Methods : This study was conducted in 30 normal elderly (NE) and 30 elderly with amnestic MCI (aMCI), aged 65-79 years old living in Daegu and Gyeongbuk. The results were analyzed using the statistical analysis program R 4.0.2 (University of Auckland, New Zealand).

Results : In the three sub-areas of CRT, the total response time showed a significant difference depending on group or age, and the error rate showed a significant difference depending on age or group in some sub-areas. In the aMCI group, the performance of CRT significantly correlated with that of the overall cognition and memory test.

Conclusion : Information processing depending on aging or cognitive ability and the differential performance of processing speed could be observed through CRT. The performance of this test was found to be significantly correlated with that of the overall cognition and memory test. Therefore, CRT could be used meaningfully as a simplified tool to predict the initial cognitive disorder of the elderly in the community.

Keywords : Ageing, Cognitive disorder, Cognitive response time