

한국판 노인형 기호잇기검사의 개발과 타당화 연구

이한승 · 진주희 · 이병화 · 강연옥*†
나덕렬

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 신경과
한림대학교 심리학과*
한림대학교 성심병원 신경과†

Development & Validation of Korean Version of Trail Making Test for Elderly Persons

Hanseung Yi, M.D., Juhee Chin, M.A., Byung Hwa Lee, M.A.,
Yeonwook Kang, Ph.D.*†, Duk L. Na, M.D.

Department of Neurology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul; Department of Psychology*, Hallym University, Chuncheon; Department of Neurology†, Hallym University Sacred Heart Hospital, Anyang, Korea

Background: The most commonly used version of Trail making test (TMT), Halstead-Reitan version, may not be applicable to most Korean elderly dementia patients not only because it contains English alphabets but also it may be too difficult. Thus we developed an easier form of TMT for Korean elderly (K-TMT-e) and conducted a validation study. **Methods:** K-TMT-e was modified from Halstead-Reitan version such that 1) the number of circles was reduced to 15, 2) in part B, instead of English alphabets we used Korean letters representing days of the week, 3) the pattern and length of the total traces were controlled between part A and B. Time needed to complete part A ('A') and part B ('B') were recorded. If subjects could not complete each task in 5 min, the examiner terminated the task. K-TMT-e along with Korean mini-mental state examination (K-MMSE), controlled oral word association test (COWAT), and Korean color-word stroop test (K-CWST) were administered to 134 normal subjects and 38 patients with probable Alzheimer's disease (26/38) or subcortical vascular dementia (12/38). For test-retest reliability, 20 subjects received K-TMT-e twice. **Results:** All indices of K-TMT-e were worse in dementia groups compared to normal subjects ($p < 0.001$). In addition A', B', B-A were significantly higher in CDR 0.5 patient group than normal individuals. The area under the receiver operating characteristic curve for 'B' was the largest among indices, while B-A was the most sensitive index to discriminate between dementia and normal. With respect to diagnosis of dementia, B' (cut-off: 72.97 sec) had a sensitivity of 84.4% and a specificity of 80.2%, and B-A (cut-off: 41.69 sec) had a sensitivity of 87.5% and a specificity of 80.2%. All indices (A', B' and B-A) except for B/A showed correlations with K-MMSE, K-CWST and COWAT. Test-retest reliability was high ($r = 0.997$ for A', $r = 0.998$ for B'). **Conclusions:** K-TMT-e had high test-retest reliability and is easy to administer to the elderly. It may be used as a tool for dementia screening in clinical setting.

Key Words: Trail making test, Dementia, Screening

Address for correspondence

Duk L. Na, M.D.
Department of Neurology, Samsung Medical Center,
Sungkyunkwan University School of Medicine, 50
Irwon-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-710, Korea
Tel: +82.2-3410-3591
Fax: +82.2-3410-0052
E-mail: dukna@smc.samsung.co.kr

*This study was supported by a grant of the Korea Health 21 R&D Project, Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (A050079).

서론

기호잇기검사(trail making test, TMT)는 본래 시각 개념 및 시각운동 능력을 평가하기 위하여 제작되었다[1]. 기본적으로 part A, B로 나뉘는데, 먼저 part A는 숫자 잇기로서, 피검자는 용지 위의 번호가 매겨진 원들을 순서대로 선을 그려 연결하며(즉, 1-2-3-4-...), part B는 숫자-알파벳 잇기로서, part A와 동일한 수의 번호가 매겨지거나 알파벳 글자가 매겨진 원들을 각각의 순서에 따라 교대로 바뀌며 선을 그려 연결한다(즉, 1-A-2-B-...). 피검자는 자신이 할 수 있는 가장 빠른 속

도로 이를 실시해야 하며, 검사 중 교정되지 않는 오류가 3회 발생하면 검사를 종료하게 된다.

TMT의 part A와 B를 수행할 때에는 시지각 능력(visual perceptual ability), 시각적 탐색, 운동속도, 복합적 시각 주사(complex visual scanning), 민첩성(agility) 등이 종합적으로 요구된다. 특히 part B에서는 숫자열과 문자열을 교대로 연결해야 하므로, part A와 비교할 때 세트 전환 능력(set shifting ability) 등의 인지기능의 변환(cognitive alteration), 역행적 억제(backward inhibition)[2], 두 종류의 병렬된 사고를 유지할 수 있는 능력이 추가로 요구된다[1].

원본 이외에 여러 가지 수정본들이 개발되었는데, 그 중 가장 흔하게 쓰이는 것은 Halstead-Reitan 판(Reitan 판)이다. 이것은 25개의 원으로 구성되어 있으며, 검사자는 피검자의 오류 횟수에 상관없이 교정하면서 part A와 B 각각의 완료에 걸린 시간만을 측정한다(part A 수행시간은 A', part B 수행시간은 B'). 그러나 이러한 scoring method는 피검사 오류에 대한 검사자의 반응 속도, 검사자가 지적하는 속도, 피검자가 검사자의 지적에 따라 오류를 교정하는 속도 등에서 차이가 날 가능성이 크기 때문에 신뢰도가 떨어질 수 있다. 이에 이런 신뢰도를 저해할 수 있는 요소들을 없애기 위하여 B'에서 A'을 빼 지표(B-A), 혹은 B'을 A'으로 나눈 지표(B/A) 등도 개발되어 연구되었다.

이 외에도 TMT의 변형은 여러 가지가 있다. 우선 아동용 기호잇기검사가 있는데[3], 이것의 실시 방법은 Reitan 판의 기호잇기검사와 같으나, 원의 개수를 15개로 줄여 좀 더 간단하게 되어 있다. Maj 등에 의해 비영어권에 사는 사람들을 위한 색깔 기호잇기검사도 개발되어 있다[4]. 이 검사에서는 원의 개수가 25개이고, part A는 숫자 잇기로서 원의 색에 관계없이 번호 순서대로 선을 연결한다(분홍색 1-노란색 2-분홍색 3-...). Part B는 숫자-색깔 잇기로서, 노란색 원에는 1에서 13까지, 분홍색 원에는 1에서 12까지 번호가 매겨져 있고, 피검자는 노란색 1-분홍색 1-노란색 2-...의 순서로 선을 연결한다. D'Elia 등이 고안한 판에서는[5] part A는 Maj 등이 제안한 것[4]과 동일하나 part B는 25개의 분홍색 원에 1에서 25까지, 24개의 노란색 원에 2에서 25까지 번호가 매겨져 있고(총 49개), 피검자는 part A에서와 마찬가지로 '분홍색 1-노란색 2-분홍색 3-...-노란색 24-분홍색 25'의 순서로 선을 연결한다. Lu 등은 중국어 판 기호잇기검사를 발표하였는데, part A는 숫자 잇기로서 Reitan 판과 동일하고, part B는 숫자-한자 잇기로서 원의 개수는 part A와 같으나 Reitan 판에서의 알파벳을 한자(一, 二, 三, ...)로 바꾸었으며 실시 방법은 동일하다(1-二-2-三-三-...)[6].

이와 같이 다양한 형태의 TMT는 임상에서 신경심리학검사에서 매우 흔하게 사용되고 있으며, 뇌 손상에 매우 민감한 선별 도구로 알려져 있고[7, 8], 특히 전두엽 손상환자의 진단과 평가에 널리 이용된다[9].

그러나 기존의 TMT 검사들은 다음과 같은 문제점들이 있어 한국의 노인 환자들 및 치매 환자들의 인지 기능 평가에 적용하기 힘들다. 현재 우리나라에서는 일반적으로 Reitan 판의 알파벳을 한글로 바꾸어 사용하고 있는데, Reitan 판은 25개의 원으로 구성되어 그 궤적이 길어서 노인 및 치매환자가 수행하기 어렵다. 색깔 기호잇기검사의 경우도 알파벳이 들어가 있지는 않으나 25개 이상의 원으로 구성되어 있다. 알파벳을 도형으로 대체한 국내의 연구에서는[10] 삼각형과 사각형만 교대로 잇게 되어 본래의 TMT와는 동일한 의미를 가지는 검사라 하기 힘들다. 또한 part A와 B의 기하학적 구조가 유사하여 각각의 수행에 있어서 유사한 정도의 난이도를 부여한다는 가정이 기본적으로

전제되어야 B-A, B/A 같은 지표를 구하는 것이 의미가 있으나 최근의 연구들은 part B가 A와 구조적으로 다르며 A보다 수행하기 어렵다고 보고하였다[11, 12]. 따라서 보편적인 한국의 노인 및 치매 환자들에게 실시하기 위해서는 위에서 열거한 문제점들을 개선한 TMT가 필요하다.

저자들은 다음과 같은 점을 고려하여 노인과 치매환자를 위한 한국판 단축형 기호잇기검사를 제작하였다. 첫째, 원의 개수를 아동용 기호잇기검사와 같이 15개로 하였다. 둘째, 알파벳을 요일(월, 화, 수, 목, 금, 토, 일)로 교체하였다. 순서를 가진 한국어 문자열로서 '가-나-다-라-...'도 생각을 할 수 있으나, 이 경우 정상인도 순서를 혼동하는 경우가 있어, 이보다 친숙한 문자열로서 요일을 선택하였다. 셋째, 기존의 TMT에서는 part A와 B에서 원을 이었을 때 발생하는 선의 궤적, 선 길이의 총합, 다른 원에 의한 시각적 간섭에서 차이가 있어, B-A 혹은 B/A의 의미를 해석하는 데에 있어 문제점이 많았다[12]. 이 점을 고려하여 본 검사에서는 part A와 B에서 선의 궤적이 나선형이 되도록 하였고, 선 길이의 총합이 거의 일치하도록 하였다. 또한 2개의 원을 연결하는 선분의 3 cm 이내에 존재하는 다른 원들의 개수를 조정하여 시각적 간섭의 정도가 part A와 B에서 동일하도록 하였다.

저자들은 이와 같이 설계된 검사를 한국판 노인형 기호잇기검사(K-TMT-e)라고 명명하였고 그 타당도와 신뢰도를 조사하고자 하였다.

대상과 방법

1. 연구대상

1) 정상군

정상군은 55세 이상의 노인을 대상으로 하되, 제외기준은 Cris-tensen 등의 정상인 판정기준[13]을 참조하여 다음과 같이 5가지 경우로 정하였다. 즉, 1) 신경과 질환이나 정신과 질환을 과거에 앓았거나 현재 앓고 있는 사람, 2) 인지기능에 영향을 미치는 전신질환이 있는 사람, 3) 검사를 시행할 수 없을 정도의 청력장애나 시력장애가 있는 사람, 4) 과량의 음주, 마약 등 인지기능에 영향을 미칠 수 있는 약물을 복용하는 사람, 5) 한글을 해독하지 못한 사람으로 하였다.

검사를 시행한 정상인은 총 134명으로서 2002-2003년에 걸쳐 삼성서울병원 신경과병동입원환자의 보호자, 서울 성동노인복지관 노인대학 수강생, 충남 홍성의료원 노인대학에서 모집되었다. 정상군에서 남녀비는 52:82, 연령평균은 68.04 ± 5.56 년, 학력평균은 8.45 ± 4.78 년이었다.

2) 환자군

환자군은 총 38명으로 삼성서울병원 신경과 기억장애 클리닉

을 방문하여 임상적으로 알츠하이머성 치매(Alzheimer's disease or dementia, AD) 혹은 피질하혈관성 치매(Subcortical vascular dementia, SVaD)로 진단받아 종합적인 신경심리검사(Seoul Neuropsychological Screening Battery, SNSB)를 수행한 환자들로 선정하였다. AD는 NINCDS-ADRDA criteria에서 probable AD에 해당되는 환자로, SVaD는 ADDTC criteria[14]에서 probable SVaD에 해당하는 환자로 하였다. SNSB와 K-TMT-e의 검사 시점의 차이가 3개월 이내인 환자들만 포함되었다. 환자군에서 남녀비는 16:22, 연령평균은 70.53 ± 7.26 년, 학력평균은 8.95 ± 5.24 년, Clinical dementia rating scale (CDR) 평균은 1.09 ± 0.64 이었다.

2. K-TMT-e의 제작 및 실시

1) 검사의 구조와 제작(부록 1)

K-TMT-e는 2명의 신경과 의사와 1명의 임상심리학자에 의해 제작되었다. Part A, B 모두 A4 용지 위에 15개의 원을 의사 무작위(pseudorandom)하게 나열하였다. 원들을 순서대로 연결하였을 때, 각각의 경로가 겹치지 않게 하기 위해서는 궤적의 형태가 부스트로피돈식 서법이나 나선형을 취할 수 밖에 없다(Fig. 1). 본 검사에서는 기본적으로 part A, B가 모두 나선형을 취하도록 하였다. 또한 총 경로의 길이를 142 ± 2 cm로 매우 유사하게 하였고, 두 원을 잇는 선분의 양측으로 3 cm 이내에 있는 원(시각적 간섭의 역할을 함[11])의 개수의 총합을 14개로 통제하여 두 part의 형태가 달라서 나타날 수 있는 구조적인 오차를 없애려 하였다.

Part A에서는 원 안에 1에서 15까지의 아라비아 숫자를, part B에서는 원 안에 1에서 8까지의 아라비아 숫자 8개와 7개의 문자 '월/화/수/목/금/토/일'을 적어 놓았다.

Part A, B와는 별도로 각각에 해당하는 간단한 연습형도 제작하였다. 연습형의 크기는 8.5×13.5 cm이며, 연습 A에는 1에서 8까지의 아라비아 숫자가 써 있는 원을, 연습 B에는 1에서 4까지의 아라비아 숫자 및 '가/나/다/라'가 써 있는 원을 임의로 나열하였다.

2) 검사의 실시

K-TMT-e의 점수는 Reitan 판과 동일하게 오류와 상관없이

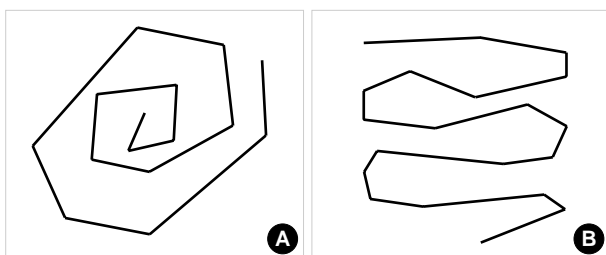


Fig. 1. The diagrams of spiral (A) and Boustrophedon (B) pattern.

검사를 마치는 데에 걸리는 시간만을 측정하였다. 구체적인 방법은 다음과 같다.

피검자에게 연습형 A를 제시하고, 하는 방법을 설명한 후에 1회 연습하게 한다. 이후 part A를 실시하여 완료하는 데에 걸리는 시간을 1/100초 단위로 잰다. 다시 피검자에게 연습형 B를 제시하여, 하는 방법을 설명한 후에 1회 연습하게 한다. 이후 part B를 실시하여 완료하는 데에 걸리는 시간을 1/100초 단위로 잰다. 환자에게 실시하는 모든 설명과 지시는 검사자 간의 차이를 배제하기 위해 통일된 구문을 사용하였다(부록 1로 첨부한 K-TMT-e 검사지의 마지막 장을 참조). 그리고 저자들이 수행한 소규모의 선행연구에서 나타난 검사집행에서의 문제점들을 배제하기 위해 검사자에게 다음과 같은 점을 주지하며 검사를 실시하였다. 1) Part A 혹은 B 검사지를 피검자에게 미리 보여 주지 않는다. 2) 시작 시점은 part A 혹은 B 검사지를 보여주는 순간부터이며, 종료 시점은 마지막 기호로 펜이 이동을 완료한 순간이다. 3) 피검자가 기호잇기 도중 실수를 저질렀을 때, 잘못 되었다는 것만 지적해야 하고 어디로 연결을 해야 할지는 알려 주면 안 된다. 4) Part B를 설명할 때 반드시 피검자가 '월/화/수/목/금/토/일'을 1회 복창하게 한다. 5) 피검자는 기호잇기를 하는 동안 펜을 검사지에서 떼면 안 된다.

기존의 연구들에서 part B의 수행시간이 300초를 초과하게 되면 더 이상의 검사 진행이 의미가 없으며 피검자와 유대관계의 형성에 좋지 않은 것으로 알려져 있다[1]. 이에 본 연구에서는 part A, B 모두 300초(s)를 넘어가면 점수를 300.00 s로 표시하고 검사를 중단하였다.

모든 검사는 가능하면 조용하며 검사에 지장이 없을 정도의 조도를 갖춘 곳에서 실시되었다. 검사자로 참여한 사람은 신경과 의사 2명, 심리학 전공의 석사학위 소지자 5명으로서 총 7명이었다.

검사의 결과로는 part A의 수행시간인 A', part B의 수행시간인 B'를 기본적으로 취하였으며, part A에 비해 B에서 추가로 요구되는 인지기능의 정도를 측정하기 위해 B-A, B/A의 계산지표를 추출하였다[15]. A', B' 및 B-A의 측정단위는 초(s)로 하였고, B/A는 측정단위 없이 숫자로만 표시하였다.

3. 한국판 노인형 기호잇기검사의 타당도 및 신뢰도 평가

정상군 및 환자군 모두 K-TMT-e와 더불어 K-MMSE, 통제 단어 연상 검사(범주유창성 검사 및 음소유창성 검사로 구성됨; 이하 통제 단어 연상 검사는 COWAT로 표기), 스트룹(Stroop)을 같이 검사하여 이 검사들과의 공준타당도를 보고자 하였다. Stroop의 경우 기존의 연구에서 색깔말하기(CW) 정반응수가 치매환자와 정상인을 구분하는 데에 있어 가장 효율적인 지표로 밝혀져[16] 본 연구에서도 CW 정반응수로 K-TMT-e와 비교하였다. 환자군에 있어서는 상기 검사들이 SNSB에 포함되어 있으므로, 개개의 검사를 따로 실시하지 않고 K-TMT-

Table 1. Summary of performances of K-TMT-e and other tests in normal controls and patients

	Normal (n=134)			Patient (n=38)		
	Minimum	Maximum	Mean \pm S.D.	Minimum	Maximum	Mean \pm S.D.
A'	13.00	150.65	29.26 \pm 13.99	18.28	190.22	61.39 \pm 42.49
B'	21.78	300.00	63.01 \pm 53.01	43.99	300.00	206.63 \pm 106.01
B/A	0.79	8.98	2.12 \pm 1.18	1.17	8.78	3.75 \pm 1.90
B-A	-5.90	266.59	33.75 \pm 45.93	8.09	265.83	145.24 \pm 90.73
K-MMSE	23	30	27.97 \pm 1.66	8	29	21.55 \pm 5.16
Stroop CW	30	112	82.16 \pm 20.56	0	84	36.00 \pm 22.31
COWAT-category	13	55	31.25 \pm 7.97	0	37	16.18 \pm 8.28
COWAT-phonemic	0	60	22.01 \pm 11.12	0	27	8.84 \pm 7.59

A', par A 수행시간; B', par B 수행시간; Stroop CW, 스트룹 색갈말하기; COWAT, 통제단어 연상검사; K-MMSE, Korean mini-mental state examination.

Table 2. Pearson correlations among education, CDR score, age and the indices of K-TMT-e

	Normal (n=134)		Patient (n=38)		
	Education	Age	Education	Age	CDR score
A'	-0.321 [†]	0.122	-0.352	-0.074	0.051
B*	-0.454 [†]	0.099	-0.409 [‡]	-0.073	0.518 [†]
B/A	-0.363 [†]	0.046	-0.077	0.214	0.473 [†]
B-A	-0.427 [†]	0.077	-0.327	0.152	0.450 [†]

*Spearman's rho; [†]Statistically significant, $p < 0.01$; [‡]Statistically significant, $p = 0.011$.

e와 비슷한 시기에(3개월 이내) 실시된 SNSB의 결과를 참조하였다. 또한 기존의 표준화된 신경심리검사로서는 평가되기 어려운 전두엽/집행 기능의 장애들을 평가하기 위하여, 일부 환자군에서는 보호자에게 설문지 형식으로 기능 장애들을 질문하도록 고안된 Frontal behavioral inventory (FBI)[17]를 한글로 직역하여 시행하였다. 검사-재검사 신뢰도를 알아보기 위해서는 정상인 중 20명에 대해 K-TMT-e를 4주 간격으로 2회 실시하였다.

결 과

1. 정상군에서의 K-TMT-e 수행

정상군에서 A'은 평균 29.26 \pm 13.99 s, B'은 평균 63.01 \pm 53.01 s이었다. 또한 계산지표들의 평균은 B-A가 33.75 \pm 45.93 s, B/A가 2.12 \pm 1.18이었다. 이와 더불어 K-MMSE, COWAT, Stroop의 결과들을 Table 1에 기술하였다.

연령 및 학력과 K-TMT-e의 모든 지표의 상관을 조사한 결과, 연령에 대해서는 K-TMT-e의 모든 지표에 대해 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 그러나 학력은 모든 지표와 유의한 상관계수가 있었고 특히 B', B-A에서 보다 두드러졌다 (Table 2). 학력과 K-TMT-e 수행 간의 관계를 자세히 알아보기 위해 학력을 '무학이나 한글해득', '정규교육 6년 이하', '정규교육 7-12년', '정규교육 13년 이상'의 4군으로 나누어 분산

Table 3. Comparison of the indices of K-TMT-e between age matched normal and patient group

	Normal* (n=131)	Patient* (n=32)	t value
A'	29.33 \pm 14.09	64.09 \pm 43.92	-7.643 ($p < 0.001$)
B'	63.45 \pm 53.50	217.00 \pm 102.10	-7.01 [†] ($p < 0.001$)
B/A	2.13 \pm 1.18	3.87 \pm 2.00	-6.435 ($p < 0.001$)
B-A	34.11 \pm 46.33	150.91 \pm 89.96	-10.501 ($p < 0.001$)
K-MMSE	27.95 \pm 1.66	21.44 \pm 5.11	12.272 ($p < 0.001$)
COWAT-category	31.39 \pm 7.93	16.03 \pm 7.76	9.864 ($p < 0.001$)
COWAT-phonemic	22.07 \pm 11.18	8.41 \pm 7.18	6.579 ($p < 0.001$)
Stroop CW	82.14 \pm 20.79	33.53 \pm 20.54	11.883 ($p < 0.001$)

*Values are expressed as mean \pm S.D.; [†]Mann-Whitney U test for B'; Student t test for the others; [‡]Z value from Mann-Whitney U.

분석(ANOVA)으로 각 군 간의 차이를 살펴보고, 사후검증으로 Scheffe 검증을 실시하였다. 그 결과 '무학이나 한글해득' 군과 정규교육을 받은 군들의 사이에는 유의한 차이가 존재하였으나($p < 0.005$), 정규교육을 받은 군들 사이에서는 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

2. 환자군에서의 K-TMT-e 수행

환자군에서 A'은 평균 61.39 \pm 42.49 s, B'은 평균 206.63 \pm 106.01 s이었다. 또한 계산지표들의 평균은 B-A가 145.24 \pm 90.73 s, B/A가 3.75 \pm 1.90이었다. 이와 더불어 K-MMSE, COWAT, Stroop의 결과들을 Table 3에 기술하였다.

환자군에서는 총 38명 중 20명이 part B를 끝까지 수행하지 못하였고 part A를 완료하지 못한 경우는 없었다. Part B의 수행을 완료하지 못한 20명의 환자는 AD가 11명, SVaD가 9명이었다. 환자군에서 part B를 완료한 군과 완료하지 못한 군을 비교한 결과, 완료하지 못한 군의 경우 완료한 군에 비해, 연령에서는 별다른 차이가 없으나, 교육년수가 낮고, CDR 점수가 높고, K-MMSE의 점수가 낮으며, part A의 수행도 저하되어 있었다. 즉, 완료한 군에 비해 전반적인 인지능력이 저하되어 있다고 추론할 수 있었다.

Table 4. Comparison of the indices of K-TMT-e between normal and CDR 0.5 patient group (by Mann-Whitney U test)

	Normal* (n=131)	CDR 0.5 Patient* (n=10)	z value
A'	29.33±14.09	47.23±18.68	-3.562 ($p<0.001$) [†]
B'	63.45±53.50	145.33±96.82	-3.329 ($p=0.001$) [†]
B/A	2.13±1.18	3.14±1.97	-1.711 ($p=0.087$)
B-A	34.11±46.33	98.10±92.15	-2.646 ($p=0.008$) [†]

*Values are expressed as mean±S.D.; [†]Statistically significant, $p<0.01$, by Mann-Whitney U test.

Table 5. Pearson correlation between K-MMSE, Stroop, COWAT and the indices of K-TMT-e

	K-MMSE	Stroop CW	COWAT-semantic	COWAT-phonemic
A*	-0.603 [†]	-0.391 [†]	-0.256	-0.466 [†]
B'	-0.656 [†]	-0.486 [†]	-0.312	-0.511 [†]
B/A	-0.135	-0.259	-0.165	-0.154
B-A	-0.459 [†]	-0.453 [†]	-0.277	-0.399 [†]

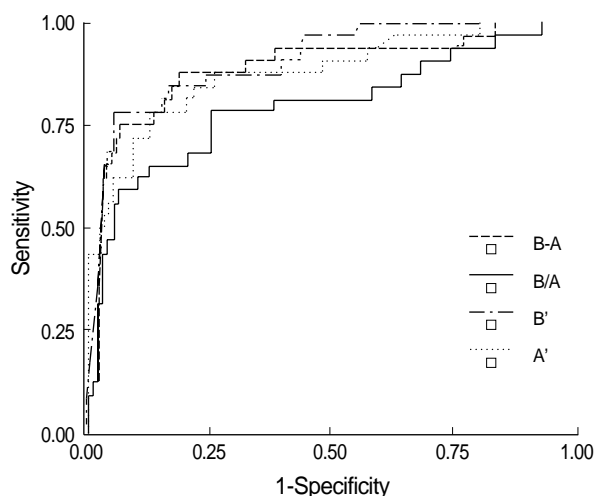
*Spearman's rho; [†]Statistically significant, $p<0.05$.

환자군에서 학력, 연령 및 CDR에 대해 상관분석을 한 결과, 연령과는 유의한 상관관계가 관찰되지 않았으나, CDR과는 A'을 제외한 모든 지표에서 양의 상관관계가 관찰되었다. 학력과는 B'에서만 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 관찰되었는데 ($p=0.011$), 정상군에서 모든 지표가 학력에 대해 음의 상관관계를 나타낸 것과 대조를 이루었다(Table 2). CDR과 K-TMT-e 지표들 간의 음의 상관관계가 존재하여 CDR 점수별로 군(0.5, 1.0, 2.0, 3.0; 총 4개군)을 만들어 Kruskal-Wallis test를 실시하고 차이가 나는 군들에 대해 짝을 지어 Mann-Whitney U test를 실시하였다. 그 결과, B'에 대해서만 CDR 1.0 미만 대 CDR 1.0 이상인 군들 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다($p<0.05$).

3. 정상군과 환자군의 비교

정상군과 환자군 연령에서 차이가 발견되어 두 집단의 연령을 56에서 80세까지로 조정하였다. 이렇게 조정하였을 때 정상군은 131명, 환자군은 32명이 되었으며, 환자군과 정상군은 나이, 학력, 남녀비에서 차이가 없었다. 두 집단에서 K-TMT-e의 지표들에 대해 t-test (단, B'는 Mann-Whitney U test)를 실시하였다. 그 결과, 모든 지표들에 있어서 정상군과 환자군의 수행능력의 차이가 확실하였다(Table 3). 이와 더불어 실시한 다른 인지기능검사에 있어서도 차이가 있었다.

K-TMT-e는 1차적으로 치매선별검사 도구로서 개발되었다. 따라서 CDR 0.5인 경도의 치매환자들과 정상군의 차이를 보는 것도 중요한 바, 본 연구에서 Mann-Whitney U test를 이용하여 10명의 CDR 0.5인 환자를 정상인과 비교하였다. 그 결과,

**Fig. 2.** The receiver operating characteristic curve of K-TMT-e.

A', B', B-A에서 CDR 0.5 환자는 정상인에 비해서 저하된 수행을 보였다(Table 4).

4. K-TMT-e의 검사재검사 신뢰도

정상인 20명에 대해서 1차 검사 후 4주 후에 재검사를 실시하였다. Pearson 상관계수로 알아본 검사-재검사의 상관계수는 A'에서 $r=0.997$ ($p<0.001$), B'에서 $r=0.998$ ($p<0.001$)로 매우 높은 상관이 존재하였다. 따라서 K-TMT-e는 매우 높은 검사-재검사 신뢰도를 보였다.

5. K-TMT-e의 공존타당도

K-TMT-e의 공존타당도를 살펴보기 위해, 각 지표를 현재 가장 흔하게 사용되고 있는 치매선별검사인 K-MMSE와 Pearson 상관계수(단, B'만 Spearman's rho)를 구하였다(Table 5). 각 지표들 중에서 A', B', B-A에서 모두 상관계수가 -0.45 미만인 음의 상관관계가 관찰되었다. 그러나 B/A와 MMSE 간에는 유의한 상관관계가 존재하지 않았다. 마찬가지로 전두엽 기능검사들과 K-TMT-e의 지표들과 상관을 검토한 결과 A', B', B-A는 Stroop CW와 COWAT-음소유창성과도 상관계수가 -0.399 미만인 음의 상관관계를 보였지만 B/A와는 상관이 없었다. COWAT-범주유창성은 어떠한 지표와도 상관을 보이지 않았다.

6. K-TMT-e 지표의 민감도와 특이도

K-TMT-e 각 지표의 민감도와 특이도를 구하기 위해, 정상 131명과 환자 32명의 자료를 이용해 ROC 곡선을 작성하였다(Fig. 2). 전반적인 선별검사로서의 능력을 반영하는 ROC 곡선 아래의 면적은 A'이 0.873, B'이 0.904, B-A가 0.883, B/A

가 0.792이었다. 모든 지표들 중에서는 B'가, 계산지표 중에서는 B-A'가 가장 우수한 것으로 나타났다. B'에서 대각선에서 가장 먼 72.97초를 기준으로 그 이상을 치매로 진단했을 때 민감도는 84.4%이며 특이도는 80.2%였다. B-A에서는 대각선에서 가장 먼 41.69초를 기준으로 그 이상을 치매로 진단했을 때 민감도는 87.5%이며 특이도는 80.2%였다.

다른 인지기능검사들에 대해 ROC 곡선을 작성하였을 때 곡선 아래의 면적은 K-MMSE가 0.903, Stroop CW 정반응수는 0.943, COWAT-범주유창성은 0.917, COWAT-음소유창성은 0.853이었다.

고찰

TMT의 part B는 part A에 비해 세트 이동 능력(set shifting ability) 등의 인지기능의 변환(cognitive alteration), 역행적 억제(backward inhibition)[2], 두 종류의 병렬된 사고를 유지할 수 있는 능력 등을 추가로 요구한다[1, 18, 19]. 실제로, Reitan 판의 TMT에 대해서는 전두엽에 병변을 가진 환자들의 경우 part B의 수행이 저하되며[20], B/A가 dorsolateral frontal lobe의 집행기능을 반영한다는 보고가 있었다[21].

그러나 가장 흔하게 사용되는 TMT인 Reitan 판의 경우 part A와 B가 기하학적인 구조, 시각적 간섭 등에서 차이가 크며, part B가 A에 비해 수행이 어렵다는 기존의 연구들이 있다[11, 12]. 따라서 part A와 B의 수행능력 차이를 보고자 계산된 B-A 혹은 B/A 같은 계산지표들이 dorsolateral frontal lobe의 집행기능만을 반영한다고 보기 어렵다. 이에 본 연구에서 개발한 K-TMT-e에서는 두 part의 형태가 달라서 생기는 구조적인 오차를 알려진 한도 내에서는 거의 없도록 하였다. 그러므로 K-TMT-e에서는 B-A, B/A의 계산지표가 part B에서 추가로 요구되는 인지기능, 특히 전두엽기능 저하의 정도를 보다 정확하게 반영할 수 있을 것이라 추측하였다. 그러나 정상군 및 환자군에서 이 계산지표들과 기존에 전두엽기능을 반영한다고 알려진 Stroop CW 정반응수, COWAT-음소유창성 검사 등과 상관이 크게 높지는 않았고 COWAT-범주유창성과는 상관이 존재하지 않았다. 물론 현재 전두엽기능에 대한 검사로는 Wisconsin card sorting test가 가장 널리 사용되고 있지만, 현실적으로 노인 및 치매 환자들에게 시행하기 힘들어서 본 연구에서는 제외하였다. 대신 Kertesz 등[17]이 발표한 FBI를 한글로 직역하여 환자군에서 병력이나 신체검사상 전두엽기능저하가 의심되는 경우에 검사자가 보호자에게 물어 작성하였다. 그러나 K-TMT-e의 계산지표들은 FBI와도 상관을 보이지 않았다.

이러한 결과의 원인으로서의 다음과 같이 추정해 볼 수 있다. 일단은 K-TMT-e part B에서 추가로 요구되는 전두엽의 기능과 Stroop, COWAT 등에서 측정하는 전두엽의 기능이 서로 차이가 있다고 추정할 수 있다. Stroop은 전두엽의 억제기능을

주로 측정하며, COWAT는 생성 이름대기, 기억의 재인, 범주화 등을 주로 검사한다고 볼 수 있어 K-TMT-e의 계산지표가 의미하는 바와는 차이가 있다. 그리고 FBI는 환자에게 검사를 하는 것이 아니라 보호자에게 물어 작성하는 설문지의 형태이며, 여기에는 dorsolateral, mesial, orbitofrontal area의 기능저하를 모두 포괄할 수 있는 질문들로 구성되어 있어 역시 K-TMT-e의 계산지표들과는 차이가 있을 수 있다. 이에 대해서는 환자군을 좀더 전두엽기능저하가 뚜렷한 집단으로 한정하고, K-TMT-e의 계산지표에서 추출되는 전두엽기능과 비교적 유사한 다른 전두엽기능검사와의 상관관계를 보는 등의 추가 연구가 필요할 것이다.

기존 Reitan 판의 TMT 연구에서는[22, 23] 연령에 따른 수행능력의 차이가 보고되었으나, 본 연구에서는 정상군과 환자군에서 모두 연령과는 유의한 상관관계가 관찰되지 않았다. 이에 대해서는 다음과 같은 해석이 가능하다. 우선 기존의 연구들은 본 연구보다 상대적으로 젊은 연령의 피검자들을 대상으로 하였다. 즉, TMT의 수행에 필요한 인지기능의 저하는 노년기가 되기 전에 이미 이루어지고 55세 이후로 뚜렷한 저하가 이루어지지 않을 가능성이 있다고 가정할 수도 있으나, 통상적으로 중년기보다는 노년기에서의 인지기능의 저하가 일반적이기 때문에 이러한 가정은 가능성이 낮을 것으로 판단된다. 또 다른 가정으로는 검사지 위의 원의 개수가 적은 것에 기인했을 가능성이 있다(Reitan 판은 25개, K-TMT-e는 15개). Salthouse 등[24]의 연구에서 정방향의 검사지에 16개의 원을 순서를 섞어 동일한 격으로 배열한 TMT를 따로 제작하여 20대에서 70대까지의 피검자들을 검사한 결과, TMT의 수행에 있어 연령의 영향은 없었다. 이 연구와 본 연구와의 공통점을 찾자면 검사지 위에 나열된 원의 개수인 바, 기존의 판에 비해 원의 개수를 15개로 줄였기 때문에 연령에 의한 영향이 적었을 것으로 생각한다.

TMT의 수행에 있어 학력도 중요한 영향을 미치는데, 기존의 연구에서는 특히 part A보다는 part B에 더욱 영향을 미치며, 특히 정규교육 10년을 기준으로 차이가 많이 발생하는 것으로 보고되었다[25]. 본 연구에서는 이와 달리 정상군에서 무학과 정규교육을 받은 군들 간의 차이만 관찰되었을 뿐, 정규교육의 정도에 따른 유의미한 차이는 관찰되지 않았다. 기존의 연구들에서 성별은 결과에 별로 영향을 미치지 않는 것으로 보고되었으며, 이러한 결과는 본 K-TMT-e 연구에서도 동일하게 관찰되었다.

본 연구의 기확단계에서는 part A, B의 수행시에 나타나는 오류의 횟수에 대한 분석을 시도하였다. 그러나, 환자군에서 38명 중 20명의 환자가 part B를 완료하지 못하여 분석에서 제외하였다. 그러나, K-TMT-e part B를 완료하지 못한 경우의 많은 수에서, 연습형 B에서 이미 상대적으로 많은 오류를 보이거나 연습형조차 제대로 완료하지 못하는 것이 관찰되었다. 연습형 및 part B에서의 가장 흔한 오류는 '화-->3'으로 진행하며 나타났는데, 이의 원인으로는 환자에게 읽어주는 검사설명에서

'1-->월-->2-->화'까지만 불러주므로 세트 이동을 이해하지 못하는 경우에 검사자가 불러준 것만을 기억해 수행하고, 그 이후로는 오류가 나타난 것으로 분석되었다. 또한 part B를 완료한 경우에서 나타난 가장 흔한 오류는 '14'까지만 진행하고 '일'까지 진행하지 않은 상태에서 완료하려 하는 경우였다. 실제 저자들이 K-TMT-e를 진행함에 있어서 연습형 B도 제대로 시행하지 못하는 상태에서 part B의 시행은 불가능하며 무의미한 것으로 생각하였다. 기존 Reitan 판에서의 수행에서도 연습형에서의 수행 능력이 본검사에서의 수행능력과 연관이 있다는 보고가 있었다[26]. 따라서 연습형에서의 수행시간 및 오류의 개수의 의미 및 cutoff 값에 대한 추가연구가 필요하다.

정상군에서 B-A가 음의 값을 가지거나, B/A가 1.0이 되지 않는, 즉 A'보다 B'가 빨랐던 경우가 3명 있었다. 이 3명의 경우에는 part A의 수행이 part B의 수행에 대한 학습의 효과를 주었을 가능성이 있다. 또한 정상군에서 part B를 완료하지 못한 경우가 5명이 관찰되었는데, 모두 무학이나 한글 해득만 가능한 경우였다.

Part B를 완료하지 못한 경우가 정상군에서는 5명, 환자군에서는 20명이 있었는데, 이 경우들을 제외하면 240초를 초과한 경우는 전혀 없었다. 비록 Lezak은 그의 저서에서 수행시간이 300초를 초과하는 경우에 검사를 종료하도록 제안하였지만[1], 본 연구결과를 볼 때 K-TMT-e에서는 수행시간을 240초까지만 측정하여도 큰 무리는 없을 것으로 판단된다.

일반적으로 TMT를 수행함에 있어 part A의 수행시간은 TMT라는 검사를 하기 위해 필요한 기본 조건을 측정하여 임상적으로 큰 의미를 두기 힘들다고 간주되어, B-A, B/A 등의 계산지표가 도출되어 연구되었다[27]. 일부 연구에서는 B-A보다는 B/A가 피검자의 general slowing에 영향을 덜 받으며 연령, 학력 등에서도 영향을 덜 받는다고 보고하였다[15]. 본 연구에서는 B-A가 B/A에 비해 좀 더 인지기능의 저하를 보다 잘 반영하는 지표로 분석되었다.

K-TMT-e가 치매 선별의 목적으로 사용될 때 어떤 지표가 이러한 목적에 가장 합당한지 살펴보았다. 비록 ROC 곡선 아래의 면적은 B'가 가장 크지만, B'와 B-A는 유사한 정도의 민감도, 특이도를 가지는 것으로 분석되었다. CDR 0.5인 환자군과 정상군을 비교할 때, 비록 A'에서도 유의한 차이가 관찰되었으나, K-TMT-e의 part A는 B에 비해 높은 수준의 인지기능(특히 set shifting 등의 전두엽 기능)을 요구하지는 않으며, 일반적으로 치매환자에 있어서는 높은 수준의 인지기능부터 저하되기 때문에 치매의 선별검사로써 유용한 지표는 역시 B', B-A로 정리할 수 있다. B'는 직접적인 검사지표로서, B-A는 계산지표로서 모두 유용한 것으로 판단된다. 그러나 이 두 지표가 각각 어떠한 경우에 더욱 유용한지에 대해서는 좀더 다양한 환자들에 대한 추가 연구가 필요하다. 파킨슨 환자 등에서는 B'가 인지기능의 저하 외에도 운동완만증(bradykinesia)에 의해서도 영향을 받는다. 이러한 운동완만증에 대한 영향을 배제하기 위해

서는 B-A라는 계산지표의 의미가 더 클 것으로 판단된다.

본 연구에서 검사자 간 신뢰도는 측정하지 않았다. 동일한 환자에게 검사자를 바꿔가며 K-TMT-e를 시행할 경우 학습효과가 우려되었고, 처음부터 검사자 간의 차이를 최소화할 수 있도록 정형화된 구문과 검사방법을 사용하였기 때문에 검사자 간의 차이는 거의 없을 것으로 판단되었기 때문이다.

결론적으로 K-TMT-e는 임상에서 쉽게 사용될 수 있으며 치매 환자를 선별하는데 있어 유용한 도구라 할 수 있다. 특히 K-TMT-e의 지표들 중에서는 B'과 B-A가 임상적으로 전두엽/집행 기능을 평가하는데 유용하다. 또한 기존의 TMT보다 쉽게 제작되었음에도 불구하고 우리나라의 치매환자들에게 여전히 그 수행이 힘들다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. Lezak MD. *Neuropsychological Assessment*. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press 1995; 381-4.
2. Mayr U, Keele SW. *Changing internal constraints on action: the role of backward inhibition*. *J Exp Psychol Gen* 2000; 129: 4-26.
3. Spreen O, Strauss E. *A Compendium of neuropsychological tests*. New York: Oxford University Press 1991.
4. Maj M, D'Elia LF, Satz P, Janssen R, Zaudig M, Uchiyama C, et al. *World Health Organization, Division of Mental Health/Global Programme on AIDS. Evaluation of two new neuropsychological tests designed to minimize cultural bias in the assessment of HIV-1 seropositive persons: a WHO study*. *Arch Clin Neuropsychol* 1993; 8: 123-35.
5. D'Elia LF, Ponton MO, Satz P, Herrera L, Ortiz F, Urrutia CP, et al. *Normative data stratified by age and education for the Neuropsychological Screening Battery for Hispanics (NeSBHIS): Initial report*. *J Int Neuropsychol Soc* 1996; 2: 96-104.
6. Lu L, Bigler ED. *Performance on original and a Chinese version of trail making test part B: a normative bilingual sample*. *Appl Neuropsychol* 2000; 7: 243-6.
7. Reitan RM. *Trail Making Test: Manual for administration, scoring, and interpretation*. Indianapolis: Indiana University 1956.
8. Reitan RM. *The validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage*. *Percept Mot Skills* 1958; 8: 271-6.
9. Anderson CV, Bigler ED, Blatter DD. *Frontal lobe lesion, diffuse damage, and neuropsychological functioning in traumatic brain-injured patients*. *J Clin Exp Neuropsychol* 1995; 17: 900-3.
10. 박미선, 최진영. 노인을 위한 수정된 trail making test의 예비적 연구. 한국임상심리학회 2001; (S)75-9.
11. Gaudino EA, Geisler MW, Squires NK. *Construct validity in the trail making test: what makes part B harder?* *J Clin Exp Neuropsychol* 1995; 17: 529-35.

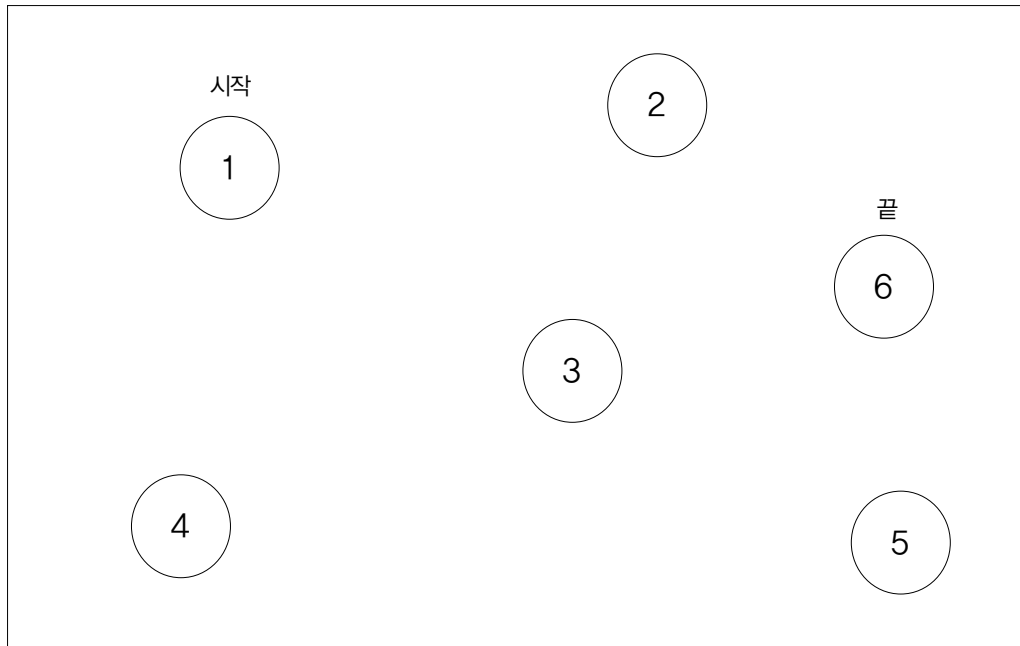
12. Vickers D, Vincent N, Medvedev A. *The geometric structure, construction, and interpretation of path-following (trail-making) tests.* J Clin Psychol 1996; 52: 651-61.
13. Cristensen KJ, Multhaup KS, Nordstrom S, Voss K. *A cognitive battery for dementia: development and measurement characteristics.* Psychol Assess 1991; 3: 168-74.
14. Chui HC, Victoroff JI, Margolin D, Jagust W, Shankle R, Katzman R. *Criteria for the diagnosis of ischemic vascular dementia proposed by the State of California Alzheimer's Disease Diagnostic and Treatment Centers.* Neurology 1992; 42: 473-80.
15. Corrigan JD, Hinkeldey NS. *Relationships between part A and B of the trail making test.* J Clin Psychol 1987; 43: 402-9.
16. 이정희, 강연옥, 나덕렬. *Stroop 간섭 지표들의 효율성 비교: 정상노인집단과 치매집단을 대상으로.* 한국심리학회지: 임상 2000; 19: 807-18.
17. Kertesz A, Davidson W, Fox H. *Frontal behavioral inventory: diagnostic criteria for frontal lobe dementia.* Can J Neurol Sci 1997; 24: 29-36.
18. Crowe SF. *The differential contribution of mental tracking, cognitive flexibility, visual search, and motor speed to performance of parts A and B of the trail making test.* J Clin Psychol 1998; 54: 585-91.
19. Miner T, Ferraro RF. *The role of speed of processing, inhibitory mechanisms, and presentation order in trail-making test performance.* Brain Cogn 1998; 38: 246-53.
20. Stuss DT, Bisschop SM, Alexaner MP, Levine B, Katz D, Izukawa D. *The trail making test: a study in focal lesion patients.* Psychol Assess 2001; 13: 230-9.
21. Arbuthnott K, Frank J. *Trail making test, part B as a measure of executive control: validation using a set-switching paradigm.* J Clin Exp Neuropsychol 2000; 22: 518-28.
22. Kennedy KJ. *Age effects on trail making test performance.* Percept Mot Skills 1981; 52: 671-5.
23. 김민경, 현명호. 선추적검사 A, B, B-A, B/A 점수와 연령, 학력 그리고 뇌손상환자와 정신과환자의 수행비교. 한국심리학회지: 임상 2004; 23: 353-66.
24. Salthouse TA, Toth J, Daniels K, Parks C, Pak R, Wolbrette M, et al. *Effects of aging on efficiency of task switching in a variant of the trail making test.* Neuropsychology 2000; 14: 102-11.
25. Bomstein RA, Suga LJ. *Educational level and neuropsychological performance in healthy elderly subjects.* Dev Neuropsychol 1988; 4: 17-22.
26. Thompson MD, Scott JG, Dickson SW, Schoenfeld JD, Ruwe WD, Adams RL. *Clinical utility of the trail making test practice time.* Clin Neuropsychol 1999; 13: 450-5.
27. Lamberty GJ, Putnam SH, Chatel DM, Bieliasukas LA, Adams KM. *Derived trail making test indices.* Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol 1994; 7: 230-4.

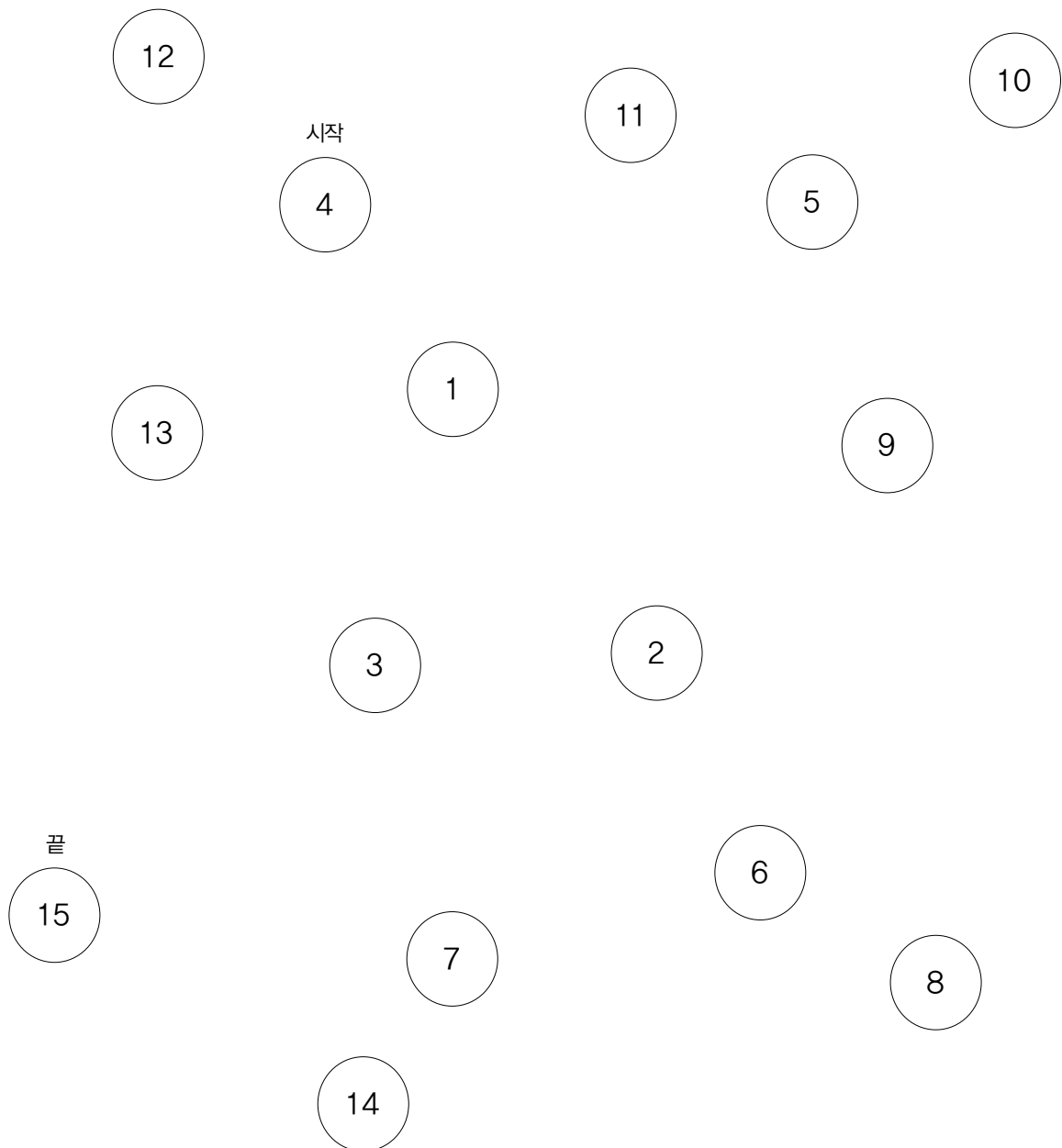
부록 1. 한국판 노인형 기호잇기 검사지

기호잇기검사

Part A

연 습

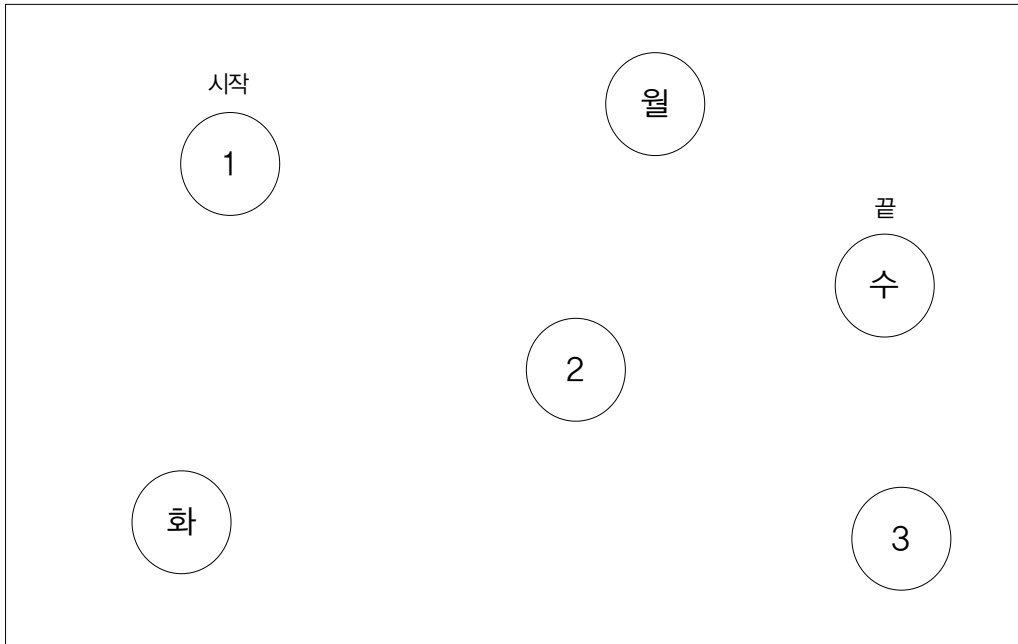


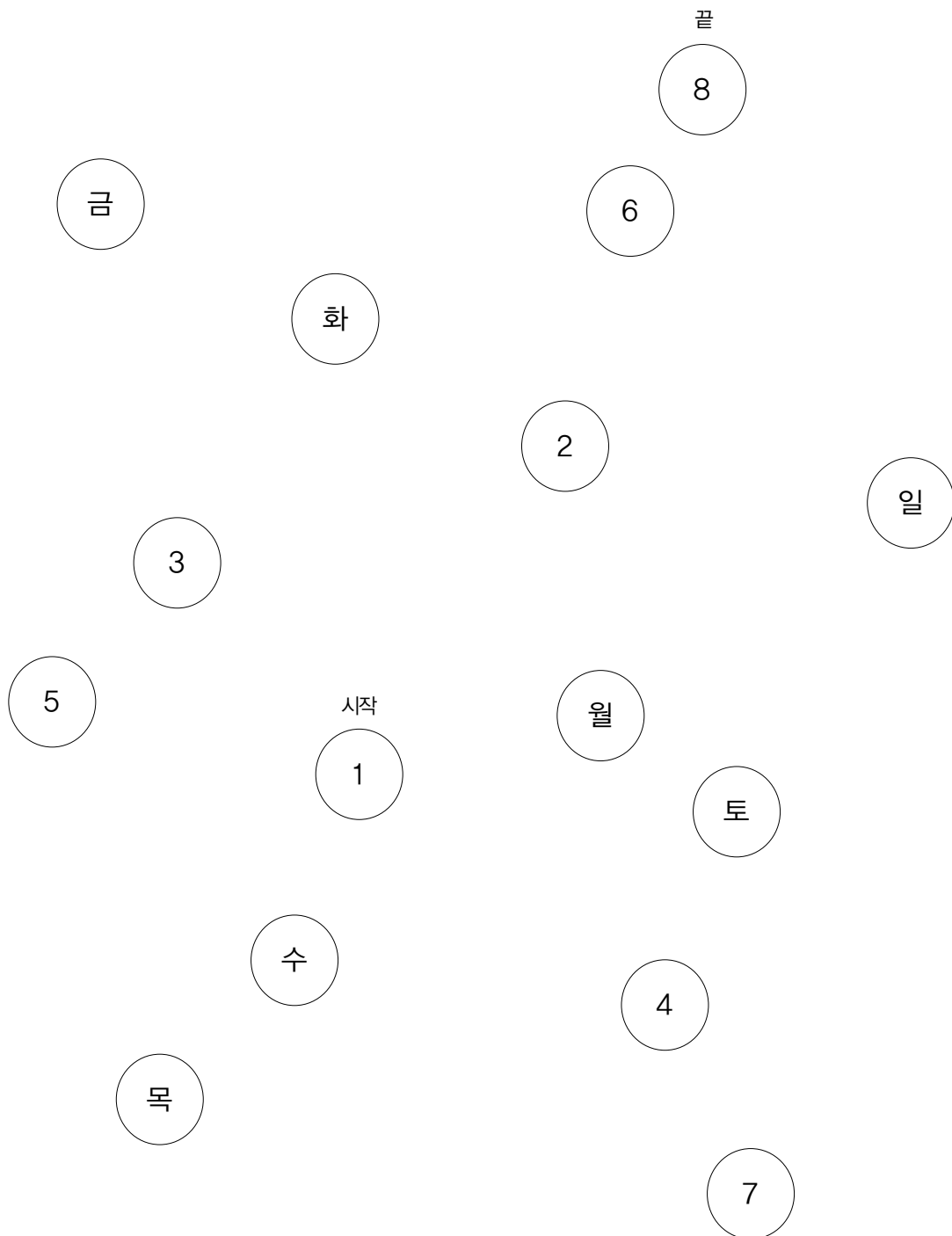


기호잇기검사

Part B

연 습





K-TMT-e 지시사항

이번에 할 검사는 기호잇기검사입니다.

연습 form A

환자에게 연습 form A를 보여주며

이 상자 안에 숫자가 써 있는 동그라미들이 있습니다. 제가 ‘시작’이라고 말하면 ...께서는 볼펜을 잡고(1, 2, 3의 위치를 손으로 지적하면서) 1, 2, 3의 순서대로 끝까지 동그라미들을 연결하십시오.

순서에 맞게, 가장 빠른 속도로 동그라미들을 연결하셔야 하며, 하시는 도중 종이에서 볼펜을 떼면 안됩니다. 실수를 하실 때는 제가 그것을 지적하겠습니다. 만약 제가 지적하면 실수하기 직전의 동그라미로 돌아가서 거기서부터 다시 순서에 맞게 연결하십시오.

질문있으십니까?

좋습니다. ‘시작’ 하십시오.

Part A

환자에게는 검사지를 보여주지 않은 상태에서

이번에는 종이 위에 더 많은 수의 동그라미들이 있습니다. 방금 전에 해 보신대로, 1에서 시작하여 순서대로 동그라미들을 끝까지 연결해 보십시오.

이번에도 역시 순서에 맞게, 가장 빠른 속도로 동그라미들을 연결하셔야 하며, 하시는 도중 종이에서 볼펜을 떼면 안됩니다. 실수를 하실 때는 제가 그것을 지적하겠습니다. 만약 제가 지적하면 실수하기 직전의 동그라미로 돌아가서 거기서부터 다시 순서에 맞게 연결하십시오.

질문있으십니까?

좋습니다. ‘시작’ 하십시오.

연습 form B

환자에게 연습 form A를 보여주며

이 상자 안에는 숫자와 요일이 써 있는 동그라미들이 있습니다. 한번 따라해 보십시오. 월/화/수/목/금/토/일. 제가 ‘시작’이라고 말하면 ...께서는 볼펜을 잡고(1, 월, 2, 화’의 위치를 손으로 지적하면서) 1, 월, 2, 화’의 순서대로 끝까지 동그라미들을 연결하십시오.

순서에 맞게, 가장 빠른 속도로 동그라미들을 연결하셔야 하며, 하시는 도중 종이에서 볼펜을 떼면 안됩니다. 실수를 하실 때는 제가 그것을 지적하겠습니다. 제가 지적하면 실수하기 직전의 동그라미로 돌아가서 거기서부터 다시 순서에 맞게 연결하십시오.

질문있으십니까?

좋습니다. ‘시작’ 하십시오.

Part B

환자에게는 검사지를 보여주지 않은 상태에서

이번에는 종이 위에 더 많은 수의 동그라미들이 있습니다. 그 동그라미 안에는 숫자와 ‘월화수목금토일’이 써 있습니다. 방금 전에 해 보신대로, 1에서 시작하여 1-월-2-화-...의 순서대로 동그라미들을 끝까지 연결해 보십시오.

순서에 맞게, 가장 빠른 속도로 동그라미들을 연결하셔야 하며, 하시는 도중 종이에서 볼펜을 떼면 안됩니다. 실수를 하실 때는 제가 그것을 지적하겠습니다. 제가 지적하면 실수하기 직전의 동그라미로 돌아가서 거기서부터 다시 순서에 맞게 연결하십시오.

질문있으십니까?

좋습니다. ‘시작’ 하십시오.