**Title**

# Improvement of the Cognitive Perceptual Assessment for Driving (CPAD) based on Usability Test

**Subtitle**

## Usability Test of the CPAD


**ABSTRACT**

**Objective:** The aim of this study was to perform a usability test for the CPAD(Cognitive Perceptual Assessment for Driving) and improve it based on the test results.

**Background:** The cognitive perceptual assessment for driving is a computer-based assessment tool to assess the driving capacity of people with brain-damages. It may be a good tool for evaluating the brain-damaged drivers' safe driving capabilities and screening cognitive and perceptual deficits related to driving. We performed a usability test to improve the CPAD based on the result.

**Method:** Both the software consisting of 8 sub-tests (depth perception, sustained attention, divided attention, stroop test, field dependency, digit span, trail making A, trail making B) and the hardware including the input and output devices(joystick, mouse, keyboard, touch screen) were evaluated through user interviews. Also we identified the problems and issues in using them by observing the participants performing the CPAD tasks.

**Results:** Based on the results, the task instructions were visually and auditorily improved and more practice examples were added to help the users understand the instructions better and to increase the input accuracy, a response time window was added and the joystick and touch screen were simplified, with made it easier for the user to perform the CAPD tasks.

**Conclusion:** User discomforts were minimized by improving the task environments, unless it would affect the evaluation criteria.

**Application:** We plan to distribute the improved version of the CPAD to the regional rehabilitation hospitals, the driving support centers for people with disabilities throughout the country, so it could be used as an evaluation tool for disabled drivers' cognitive and perceptual functions.



**Keywords**

CPAD, Driving, usability test, stroke

## 사용성 평가를 기반으로 한 CPAD (Cognitive Perceptual Assessment for Driving)의 개선

### 1. Introduction

2000년 장애인 실태조사에 따르면 장애인의 주사용 교통수단은 일반버스 이용이 34.5%로 가장 많이 나타났고 자가용이 24.3%로 두 번째로 나타났다 (Byeon et al., 2000). 하지만 2005년 장애인 실태조사에서 장애인들의 주사용 교통수단은 30.2%로 자가용을 가장 많이 이용하는 것으로 나타났으며 (Byeon et al., 2005) 2011년 장애인 실태조사에서도 32.3%가 자가용을 주요 교통수단으로 삼고 있다고 대답하여 자가용이 장애인의 주사용 교통수단으로서 그 비중이 점점 늘어나고 있음을 나타냈다 (Kim et al., 2011). 또한 장애인의 경우 일반인과 비교하였을 때 전체적으로 '도보'의 사용이 적고 승용차의 사용은 다소 많은 것으로 보고되었다 (Byeon et al., 2000, 2005; Kim et al., 2011). 이처럼 장애인의 사회복귀 욕구가 높아짐에 따라 장애인의 자가용 운전 또한 늘고 있는 추세이다.

하지만 운전은 단순 작업이 아닌 인지기능과 운동-인지 협응 기능이 복합적으로 필요한 작업이다. 뇌혈관 질환이나 뇌손상을 입어 인지 및 운동기능이 떨어지는 뇌병변 장애인들은 여러 부분에 문제가 발생하여 운전능력에 영향을 받게 된다 (Akinwuntan et al., 2002; Sundet et al., 1995; Fisk et al., 2002; Hajek et al., 1989). 이는 타인 또는 자신에게 신체적, 경제적 손상을 입힐 수 있는 사고의 가능성도 수반하기 때문에 (Engum et al., 1988) 안전운전을 위해 뇌병변 장애인의 운전인지능력 평가는 반드시 필요하다. 따라서 선행연구에서는 장애인의 안전운전을 위해 판단능력, 집중력, 기억력 등의 기능을 평가하여 실제 도로에서의 주행 능력을 예측할 수 있는 평가 도구를 개발하고 그에 맞는 제도가 반드시 이루어져야 한다고 주장하고 있다(Choi et al., 2008; Richard and Robert., 1990; Shore et al., 1980; Van et al., 1987; Mazer et al., 1998). 해외 사례를 살펴보면 CBDI(Cognitive behavioral driver's inventory) (Engum et al., 1988), DCAT(DriveAble Cognitive Assessment Tool) (Dobbs, 2005; Korner and Sofer., 2009), UFOV(Useful Field Of View) (Mazer et al., 2001; Sarti et al., 2000), SDSA(Cognitive behavioral driver's inventory) (Lundberg et al., 2003) 등의 운전인지평가도구들이 개발되었고 뇌손상 환자의 안전 운전 예측에 유용함을 보고하여 뇌병변 장애인의 사회복귀와 안전운전 측면에서 그 효과를 나타내었다. 국내의 경우 국립재활원에서 개발된 운전인지평가도구인 CPAD(Cognitive perceptual assessment for driving)가 유일하게 사용되고 있다. 뇌졸중 환자의 운전인지평가를 위해 개발된 CPAD는 CBDI를 기반으로 개발되었으며 (Lee et al., 2004) 선행연구에서 장내기능평가, 도로주행과의 관계를 분석하여 타당도와 유용성을 입증하였다 (Jang et al., 2006; Choi et al.,2008). 현재는 국립재활원을 포함하여 권역별재활병원 및 운전지원센터에서 뇌졸중 환자의 운전인지평가도구로 활용되고 있으며 도로교통공단에서는 노인을 대상으로 교통안전교육의 일환으로 운전인지평가를 수행하고 있다.

사용성(Usability)은 측정할 수 있는 모든 사용자 인터페이스의 특성으로 (Mayhew, 1999), HCI(Human-Computer interaction)를 구성하고 있는 핵심 요소이다. 이러한 사용성을 평가하기 위한 사용성 평가(Usability test)는 소프트웨어 공학, 정보통신 서비스, 가전제품, 교통수단 등 다양한 분야에 도입되어 활용되고 있다 (ISO., 2001). CPAD 또한 컴퓨터를 기반으로 개발된 소프트웨어 평가도구이다. CPAD의 주 대상자는 인지기능 저하 및 신체마비로 인해 거동이 불편한 뇌병변 장애인이기 때문에 사용성에 대해 기존보다 많은 문제점이 발견될 수 있다. 특히 인지능력을 평가하는 평가도구이기 때문에 사소한 사용성의 문제점이라도 평가에

영향을 미칠 수 있다. 실제 CPAD를 사용하고 있는 평가자들에게 CPAD 문제점에 대해 조사해본 결과 평가항목 일부의 난이도를 조정할 필요가 있다고 보고되었다. 이에 문제를 해결하기 위해 CPAD 항목 중 거리지각 능력 평가항목을 수정하고, 터치 스크린 입력장치를 추가하여 CPAD 사용환경을 개선하였다(Choi et al, 2012). 하지만 이는 전문가의 입장에서만 수정된 것으로 CPAD의 사용자를 대상으로 사용성 평가를 수행한 적이 없기 때문에 CPAD의 사용 환경 개선을 위해서는 실질적인 연구가 필요하다.
따라서 본 연구에서는 도로교통공단 및 재활병원에서 CPAD를 수행하고 있는 평가자와 평가를 받는 뇌졸중 환자를 대상자로 CPAD 사용성 평가를 실시하여, CPAD 사용 환경에 대한 문제점 및 개선사항을 수렴하고자 한다.

## 2. CPAD의 구성

### 2.1 CPAD의 평가 항목

CPAD는 서울대 심리과학 연구소에서 개발한 '운전적성검사도구'를 기초로 본원에서 한양대학교 의공학 교실과의 공동 연구를 통해 개발하였으며 컴퓨터를 기반으로 한 국내 유일의 뇌졸중 장애인 운전인지 평가도구이다. CPAD 평가 항목은 15명의 뇌손상 장애인을 대상으로 CBDI의 상관분석 및 요인분석을 통해 높은 상관관계를 보인 거리지각 능력(depth perception), 주의 지속력(sustained attention), 주의 분할력(divided attention), 스트룹 검사(Stroop test), 숫자 따라 말하기 검사(digit span test), 장 의존성(field dependence), 숫자-숫자 선잇기(Trail making test A), 숫자-문자 선잇기(Trail making test B) 등의 8가지 항목을 선정하였으며 검사의 정반응수와 반응시간으로 된 10가지 항목을 변수로 정하였다 (Lee et al., 2004). 또한 101명의 뇌손상 장애인을 대상으로 10가지 항목의 평균, 표준편차를 구하고 단위를 통일하기 위해 각 변수의 평균이 50, 표준편차가 10이 되도록 표준화하였으며 주성분 분석을 통해 10개 항목의 대표점수인 가중치 점수(weight score)를 구하였다. 평가 기준은 장내기능 평가를 기준으로 가중치점수(weight score)가 42점 이하는 불합격, 53점 이상은 합격, 그 사이를 경계군으로 정하고 있으며 (Jang et al., 2006) 이 기준은 실제 도로주행 검사와의 관계에서도 양성 예측률과 음성 예측률 결과가 모두 100%를 나타내었다 (Choi et al., 2008).

#### 2.1.1 거리지각능력(Depth perception)

운전 시 필요한 주사(scanning) 및 거리 지각(perception)능력을 평가하는 검사로 원근감을 나타낸 두 개의 세로선에 여러 작은선이 있고, 화면에서 멀어지다가 가까워지는 화살표 가로 막대선이 양쪽의 가로선의 높이가 일치할 때 조이스틱에 설치되어 있는 버튼을 눌러야 한다. 3회 연습 후 느린속도에서 20회, 빠른 속도에서 20회 시행하여 정반응수와 반응시간을 측정한다.

#### 2.1.2 주의지속력(Sustained attention)

운전 시 필요한 주의(attention) 능력의 지속성 및 정보처리(information processing)을 평가하는 검사로 화면에 "ㅂ"자 8개를 불규칙하게 배치해 놓고 대상자로 하여금 화면을 지속적으로 주시하고 있다가 문자의 방향이

변하는 시점을 인지하여 조이스틱에 설치되어 있는 버튼을 눌러야 한다. 3회 연습 후 40회를 시행하여 정반응수를 측정한다.

#### 2.1.3 주의분할력(Divided attention)

운전 시 주어지는 다양한 자극에 대한 주의 분할력(divided attention)을 평가하는 검사로 화면에 12개의 사각형으로 이루어진 도형이 원의 형태도 배치되고 그 사각형의 왼쪽 또는 오른쪽 변이 없어지면 조이스틱을 없어진 쪽으로 움직여야 한다. 또한 "땡"하는 소리의 청각 자극을 무작위로 주어 시각 자극에 반응하는 동시에 청각자극에 반응하여 조이스틱에 설치되어 있는 버튼을 눌러야 한다. 3회 연습 후 40회의 시각자극과 17회의 청각자극을 시행하여 총 57회의 정반응수를 측정한다.

#### 2.1.4 스트룹검사(Stroop test)

운전 시 발생할 수 있는 방해 자극들에 대한 대처능력과 조절능력 및 억제능력을 평가하는 검사로 화면에 "빨간색", "노란색", "녹색"의 문자를 그 의미와 상관없이 무작위 색깔로 제시하되 제시되는 글자의 뜻과 상관없이 빨간색 글자가 나오면 왼쪽, 노란색 글자가 나오면 오른쪽, 녹색 글자가 나오면 위쪽으로 조이스틱을 움직여야 한다. 3회 연습 후 40회를 시행하여 정반응수와 반응 시간을 측정한다.

#### 2.1.5 숫자따라 말하기 검사(Digit Span)

운전 시 필요한 단기 및 작업 기억력을 평가하는 검사로 1부터 9까지의 숫자를 이용하여 세 자리부터 아홉자리까지의 숫자를 음성으로 제시하고 키보드의 키패드를 이용해 제시된 숫자를 기억하였다가 입력하여야 한다. 2회 연습 후 많이 맞춘 자리수를 측정한다.

#### 2.1.6 장의존성(Field dependency)

운전 시 복잡한 환경 속에서 필요한 정보를 찾아내는 능력을 평가하는 검사로 화면에 먼저 제시된 사각형의 크기를 기억하였다가 같은 크기의 사각형이 문제 화면에 있으면 왼쪽, 없으면 오른쪽으로 움직여야 한다. 40회 시행하여 정답수를 측정한다.

#### 2.1.7 숫자-숫자 선잇기 검사(Trail making Test A)

운전 시 필요한 시각적 주사(visual scanning)와 시각-운동 협응(visuomotor coordination)능력, 계획(planning), 실행기능(executive function)을 평가하는 검사로 화면에 1부터 16까지의 숫자를 섞어놓고 순서대로 숫자를 마우스 또는 터치 화면으로 클릭해 나가야 한다. 16까지 진행하는 동안 소요되는 시간을 측정한다.

#### 2.1.8 숫자-문자 선잇기 검사(Trail making Test B)

Trail making(A) 검사와 마찬가지로 복잡한 차례를 찾아내고 시각-운동 협응(visuomotor coodination) 능력, 계획(planning), 실행기능(executive function)을 평가하는 검사로 1부터 8까지의 숫자와 "가"부터 "아"까지의 문자를 섞어 놓고 1→가→2→나 등으로 숫자→문자→숫자→문자의 순서로 이어서 마우스 또는 터치 화면으로 클릭해 나가야 한다. 평가시간동안 소요되는 시간을 측정한다.

### 2.2 CPAD의 입력장치

CPAD는 컴퓨터를 기반으로 개발되었으며 입력장치는 조이스틱, 마우스, 키보드로 구성되었다. 조이스틱은 버튼이 있는 상용화 된 제품을 사용하였고 Depth perception, Sustained attention, Divided attention, Stroop Test, Field dependency 항목의 입력에 사용되었다. 키보드는 Digit Span 항목의 숫자입력에 사용되었다. 마우스는 Trail making(A), Trail making(B)의 입력에 사용되었다. 마우스를 사용하지 못하는 대상자를 위해 터치스크린 입력 방법을 추가하여 현재는 마우스와 터치스크린 입력 방법을 병행하고 있다. 하지만 장애인 및 노인들은 컴퓨터 작동에 능숙하지 않기 때문에 그들을 위해 사용하기 편리하게 할 수 있는 다양한 입력장치들을 개발할 필요가 있다.

## 3. CPAD의 사용성 평가

CPAD의 사용자는 운전인지평가를 진행하는 평가자와 운전인지평가를 받는 대상자로 이루어져있다. 따라서 CPAD의 사용성 평가는 평가자와 대상자 모두의 입장에서 이루어져야한다. 이에 본 연구에서는 CPAD의 사용성 평가를 평가자와 대상자로 나누어 진행하였다. 또한 대상자가 CPAD 평가를 받는 과정을 관찰하여 사용성 관련 문제점을 발견하였다.

CPAD 대상자 사용성 평가는 6개월 이상의 뇌졸중 환자 22명(남 15명, 여 7명, 연령 : 59.4±8.0세, 키 : 163.9±7.9cm, 몸무게 : 66.4±6.9kg, 좌측마비 : 11명, 우측마비 : 11명) 을 대상으로 수행하였으며, CPAD 평가자 사용성 평가는 현재 국립재활원 및 도로교통공단에서 CPAD를 이용하여 운전인지평가를 수행하고 있는 작업치료사 및 운전교육강사 26명을 대상으로 수행하였다. CPAD 사용성 평가 내용은 CPAD 소프트웨어 8개 항목(Depth perception, Sustained attention, Divided attention, Stroop Test, Field dependency, Digit Span, Trail making A, Trail making B) 및 하드웨어 입력장치(조이스틱, 마우스, 키보드, 터치 스크린)로 분류하여 적합성, 난이도, 문제점, 개선방안에 대해 인터뷰 형식으로 수행하였다. 8개의 항목은 난이도 5등급('매우 어려움-5등급'에서 '매우 쉬움-1등급')으로 입력장치는 적합도 5등급('매우 부적합-5등급'에서 '매우 적합-1등급')으로 평가 하였으며 3등급(보통)을 기준으로 단일표본 T검정을 수행하여 어렵거나 쉬운 항목, 적합하거나 부적합한 입력장치를 가려내었다(a=.05). 문제점과 개선방향은 질문 틀에서 자유롭게 진행되었다. 따라서 동일한 질문에 대해 한 명의 응답자가 여러 가지 의견을 제시한 경우도 있었고, 아무런 의견을 제시하지 않은 경우도 있었다. 설문 및 면담의 결과는 얻어진 내용에서 공통적인 요소를 모아 카테고리화 하였다.

### 3.1 CPAD의 난이도 및 적합도

CPAD의 구성 항목의 난이도 및 적합도 평가결과는 (표 1), (표 2)와 같다. 대상자의 경우 Depth perception, Digit Span, Field dependency항목에서 비교적 어려움을 느끼는 것으로 나타났으며(<.05) 평가자의 경우 Depth perception, Stroop Test, Field dependency 항목에서 어려움을 느끼는 것으로 나타났다. 또한 Sustained attention항목의 경우 대상자와 평가자 모두 비교적 쉽다고 평가했다. CPAD 입력장치 적합도 평가 결과에서는 마우스의 사용에서 대상자와 평가자 모두 가장 많은 불편함을 느끼는 것으로 나타났으며 터치 스크린의 경우 대상자와 평가자 모두 다른 입력장치에 비해 적합한 입력장치라고 평가했다.

Table 1. Level of difficulty in CPAD sub tests and choice of input devices (evaluatee)

| | Sub-tests | Mean | Standard deviation | p |
|---|---|---|---|---|
| Level of difficulty in CPAD Sub-tests | Depth perception | 3.73 | 0.83 | .000* |
| | Sustained attention | 2.36 | 0.58 | .000* |
| | Divided attention | 3.14 | 0.71 | .378 |
| | Stroop Test | 3.14 | 0.83 | .451 |
| | Digit Span | 3.41 | 0.73 | .016* |
| | Field dependency | 3.82 | 0.80 | .000* |
| | Trail making Test A | 2.82 | 0.80 | .296 |
| | Trail making Test B | 3.32 | 0.99 | .148 |
| Choice of input devices | Joystick | 2.68 | 0.84 | .090 |
| | Mouse | 3.64 | 1.22 | .023* |
| | Keyboard | 2.95 | 0.65 | .747 |
| | Touch screen | 2.45 | 0.74 | .002* |

Table 2. Level of difficulty in CPAD sub tests and choice of input devices (evaluator)

| | Sub-item | Mean | Standard deviation | p |
|---|---|---|---|---|
| Level of difficulty in CPAD Sub-tests | Depth perception | 3.50 | 0.76 | .003* |
| | Sustained attention | 2.50 | 0.78 | .005* |
| | Divided attention | 2.96 | 0.86 | .814 |
| | Stroop Test | 3.92 | 0.50 | .000* |
| | Digit Span | 3.38 | 0.92 | .059 |
| | Field dependency | 3.83 | 0.78 | .000* |
| | Trail making Test A, B | 2.61 | 0.72 | .016* |
| Choice of input devices | Joystick | 2.77 | 0.81 | .204 |
| | Mouse | 3.67 | 0.58 | .000* |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Keyboard | 3.05 | 0.84 | .803 |
| | Touch screen | 2.35 | 0.78 | .001* |

### 3.2 CPAD 구성 항목의 문제점

CPAD의 항목과 입력장치 문제점에 대한 평가결과는 공통적인 요소를 모아 카테고리화 하였다. (표 3)과 (표 4)는 CPAD의 항목별 문제점을 카테고리화 한 결과다. 각 항목별 문제점에 대한 개선 사항은 평가기준에 영향을 미치는 문제점을 제외하고 적용하였다. 결과를 살펴보면 평가자와 대상자 모두 각 평가 항목의 문제 이해가 어렵다는 의견이 대부분의 항목에서 공통적으로 나타났다. Depth perception 항목에서는 정답의 구분이 명확하지 않다는 의견이 공통적으로 나타났으며 대상자의 경우 선이 얇아 잘 안 보인다는 의견이, 평가자의 경우 평가시간이 오래 걸린다는 의견이 나타났다. Sustained attention 항목에서는 대상자의 경우 선이 얇아 잘 안 보인다는 의견이 나타났고 평가자의 경우 문제 제시 시간이 3초로 동일하다는 문제점을 제기하였다. 특히 이러한 문제는 Sustained attention 항목의 난이도가 대상자와 평가자 모두 비교적 쉽다고 응답한 결과로 나타났다고 사료된다. Divided attention 항목의 경우 평가 기준에 영향을 미치는 문제점을 제외하면 대상자에서 방향 키 입력 시 앞 버튼이 함께 눌리는 입력장치의 문제점이 나타났다. Stroop Test 항목에서는 공통적으로 검사도중 정답 방향을 기억하기 힘들다는 의견이 가장 많이 나타났으며 색의 구분이 힘들다는 의견도 소수 나타났다. Digit Span 항목에서는 대상자의 경우 키보드로 입력하는 방식은 입력 시 화면에 표시된 입력을 확인 못한다는 문제점이 있고 또한 키보드의 숫자가 작아 입력이 힘들다는 의견이 있었다. 평가자의 경우 Digit Span 항목은 기억력 평가(working memory test)인 만큼 평가 시 대상자가 숫자를 기억하였다 입력해야 하는데 대부분의 대상자가 숫자제시와 함께 정답을 입력을 하고 이를 제지하는 장치가 없기 때문에 정확한 평가가 힘들다는 문제점을 호소하였다. 또한 입력된 수를 '*'로 표시하기 때문에 오입력을 확인할 수 없고 이를 수정할 수 없다는 문제점도 지적하였다. Field dependency 항목에서는 제시된 정답 그림의 설명이 부족하고 정답 그림도 구분이 어렵기 때문에 평가 진행이 제대로 이루어지지 않는다는 문제가 공통적으로 나타났다. 대상자의 경우 제시된 정답 그림과 방향이 기억나지 않는다는 문제점을 제기했고 평가자의 경우 연습문제의 설명이 매우 부족하다는 문제점을 지적했다. 마지막으로 Trail making Test A, B 항목에서는 대상자의 경우 별다른 의견이 없었으나 평가자의 경우 마우스 조작에 어려움이 있으신 분들이 많다고 하였으며 설명에 영문표시가 있어 문제 이해를 시키는데 어려움이 있다고 응답하였다.

Table 3. Problem of CPAD Sub-tests (evaluatee)

| Sub-tests | Problem | Number of times mentioned |
|---|---|---|
| Depth perception | Too fast central bar speed | 7 |
| | Poor visibility | 4 |
| | Unclear classification of correct answers | 3 |
| | Issues of concerning field of vision | 2 |
| | Difficulty in understanding task instructions | 1 |
| Sustained attention | Blur lines | 2 |

| | | |
|---|---|---|
| | Too much spaces | 1 |
| Divided attention | Accidental button press when entering the arrow key | 3 |
| | Difficulty in simultaneous inputs of arrow key and button | 1 |
| | Issues of concerning field of vision | 1 |
| Stroop Test | Difficulty in remembering of correct arrow key | 3 |
| | Difficulty in understanding task instructions | 2 |
| | Unclear color | 1 |
| Digit Span | No input feedback | 2 |
| | Too noisy | 1 |
| | Too small number buttons | 1 |
| Field dependency | Unclear correct answer | 12 |
| | Difficulty in remembering in correct pictures and their direction | 5 |
| | Difficulty in understanding task instructions | 4 |
| Trail making Test(A,B) | Difficulty in Trail making test B | 1 |

Table 4. Problem of CPAD Sub-tests (evaluator)

| Sub-tests | Problem | Number of times mentioned |
|---|---|---|
| Depth perception | Unclear classification of correct answers | 21 |
| | Difficulty in giving instructions | 8 |
| | Long evaluation times | 7 |
| | Too small number of practices | 5 |
| | Too disturbing sound of wrong answers | 3 |
| | Low screen position | 1 |
| Sustained attention | Difficulty in giving instructions | 3 |
| | Constant rotation interval | 1 |
| Divided attention | Difficulty in simultaneous sound and response | 9 |
| | Poor overall understanding of the task | 2 |
| | No information on neglected screen position | 1 |
| Stroop Test | Difficulty in remembering directions | 13 |
| | Difficulty in giving instructions | 10 |
| | Difficulty in distinguishing between yellow and green color | 1 |
| | Literacy | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| Digit Span | Too fast respond the sound without looking | 23 |
| | Hearing deficits | 3 |
| | No input feedback | 3 |
| | Too noisy | 2 |
| | Too small number of practices | 1 |
| Field dependency | Difficulty in giving instructions | 15 |
| | Too small number of practices | 7 |
| | Unclear correct answer | 3 |
| | Low resolutions | 3 |
| | Several problems passed without taking answers | 1 |
| Trail making Test(A,B) | Difficulty in mouse operation | 7 |
| | Difficulty in understanding Trail making test B | 5 |
| | Confusing English instructions | 2 |

### 3.3 CPAD 입력장치의 문제점

CPAD 입력장치의 문제점은 (표 5), (표 6)과 같다. 각 입력장치 문제점을 살펴보면 대상자와 평가자 모두 터치스크린을 제외하고 입력장치가 익숙하지 않다는 문제점을 나타냈다. 이는 (표 1), (표 2)의 입력장치 적합도 평가 결과와도 이어지는 문제점이다. 각 입력장치별 문제점은 조이스틱에서 대상자와 평가자 모두 조이스틱의 흔들림 문제를 가장 많이 지적했으며 조이스틱이 화면을 가리는 불편함도 호소했다. 대상자의 경우, Divided attention 항목의 사용성 평가에서도 나타난 좌우방향 입력 시 앞 버튼이 눌림 의견과 원위치 시킴이 불편함, 비우세손 조작 힘듬 등의 의견이 제시되었다. 평가자의 입장에서는 대상자가 조이스틱을 원위치 시킴이 불편하기 때문에 입력이 여러번 되는 문제로 이어져 이를 해결해야 한다고 주장했으며 조이스틱에 불필요한 버튼이 많다고 지적하였다. 또한 대상자가 뇌졸중 환자인 만큼 조이스틱의 상하좌우 조작을 원하는 방향으로 정확하게 입력하지 못하는 경우가 있어 이에 대한 방안이 필요하다고 하였으며 현재 사용되고 있는 조이스틱은 시중에 판매되고 있는 일반적인 조이스틱이기 때문에 왼손사용자에 대한 편의가 고려되지 않았다는 점을 지적했다. 마우스의 문제점에서는 대상자의 경우 대부분이 마우스 조작의 어려움을 호소하였으며 마찬가지로 평가자의 경우 대상자가 마우스의 조작이 힘들어 반응속도와 정확도가 떨어진다고 응답하였다. 키보드의 문제점에서는 시력으로 인해 작은 숫자가 보기 힘들다는 의견이 공통적으로 나타났으며 대상자의 경우 입력키 외에 다른키가 많고 숫자의 순서가 헷갈린다는 의견이 추가적으로 나타났다. 터치스크린의 문제점은 터치 반응이 좋지 않다는 의견이 공통적으로 나타났고 평가자의 경우 평가 시 모니터가 흔들린다는 문제점을 지적하였다.

Table 5. Problem of CPAD input devices (evaluatee)

| Input devices | Problem | Number of times mentioned |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| Joystick | Unstable joystick | 3 |
| | Accidental frontal button press when entering right and left direction input | 3 |
| | Difficulty in returning to original position | 2 |
| | Not used | 2 |
| | Difficulty in using the non-dominant hand | 1 |
| | Screen occluded the joystick | 1 |
| Mouse | Not used | 4 |
| | Difficulty in using the non-dominant hand | 4 |
| | Difficulty in clicking because of hand paralysis | 2 |
| | Difficulty in operating mouse | 1 |
| Keyboard | Too small keyboard font size | 2 |
| | Too many input buttons | 1 |
| | Confusing number positions | 1 |
| Touch | Not good touch response | 2 |
| | Too high touch screen position for people with hand paralysis | 1 |
| | Not used | 1 |

Table 6. Problem of CPAD input devices (evaluator)

| Input devices | Problem | Number of times mentioned |
|---|---|---|
| Joystick | Unstable joystick | 8 |
| | Screen occluded the joystick | 6 |
| | Difficulty in returning to original position | 5 |
| | Difficulty in operation | 4 |
| | Too many joystick input buttons | 3 |
| | Difficulty in using the non-dominant hand | 2 |
| | Not used | 2 |
| Mouse | Not used | 18 |
| | Difficulty in using for people with hand tremor | 1 |
| Keyboard | Not used | 6 |
| | Issues of concerning field of vision | 3 |
| Touch | Not good touch response | 9 |

| | | |
|---|---|---|
| | Unstable table | 4 |

### 3.4 사용자 관찰

CPAD의 사용성을 효과적으로 분석하기 위해 대상자가 CPAD를 평가 받는 과정을 관찰하여 사용성 관련 문제점을 발견하였다. 사용자 관찰 기법은 사용자의 행동을 분석하여 사용성의 문제점을 찾는데 유용하게 사용되는 방법이다. 특히 CPAD의 대상자는 인지장애가 있는 뇌졸중 환자이며 뇌졸중 환자는 사용성의 문제인식 및 전달능력이 일반인에 비해 부족하기 때문에 설문 및 면담의 결과에서 나타나지 않은 문제점을 발견할 수 있다는 장점이 있다.

사용자 관찰 결과를 살펴보면 평가항목에서 총 6가지의 문제점이 나타났고(표 7), 입력장치에서 총 4가지의 문제점이 나타났다(표 8). 이러한 문제점을 통해 도출된 개선 사항은 평가항목의 경우 문제의 이해를 돕기 위한 설명과 연습문제의 추가, 정답방향 제공, 시간제한 표시 등이 있었으며 프로그램 코딩 시 정답횟수가 중복되는 문제를 해결해야 한다는 사항이 있었다. 입력장치의 경우 뇌졸중 환자의 특성을 고려하여 숙련도와 인지 기능에 영향을 받는 입력장치는 개선해야 한다는 의견이 도출되었다.

Table 7. Problem of CPAD Sub-tests (observer)

| Problem | Sub-tests | Improvement |
|---|---|---|
| Long evaluation time | Depth perception | Reduced |
| Keeping pressing button counted as correct answers | Sustained attention, Divided attention | Corrected |
| Difficulty in remembering correct answers | Stroop Test, Field dependency | More practice provided |
| No time limitation for answering | Digit Span, Field dependency | Response time window added |
| No time window for correcting answers | Stroop Test, Field dependency | Corrected |
| Too small number of practices problems | All 8 sub-tests | More practice and instruction added |

Table 8. Problem of CPAD input devices (observer)

| Problem | Input devices | Improvement |
|---|---|---|
| Unstable joystick | Joystick | Fixed tightly |
| Individual difference in operating input devices | Mouse, Keyboard | Customized input devices |
| Vision problems | Keyboard | Larger font size |
| No using the non-dominant hand | Mouse | Alternative input devices |

## 4. 개선 결과

### 4.1 평가항목 개선 결과

사용성 평가를 통해 얻어진 결과를 통해 CPAD의 항목을 개선하였다. CPAD의 평가 기준에 영향을 미칠 수 있는 문제점은 개선사항에서 제외하였다. 대상자와 평가자의 공통적인 문제였던 평가항목 이해의 어려움은 설명 더 보기 영상과 음성 설명을 추가하고 연습문제의 횟수를 3회에서 5회로 2회를 추가하여 평가항목에 대한 대상자의 이해를 돕도록 개선하였다. 또한 이와 같은 개선 사항은 정답방향을 기억 못하는 문제점도 최소화 될 것이라고 사료된다. 또한 조이스틱의 문제점 이였던 입력값 지속문제점(표 6), (표 7)도 프로그램 코딩을 수정하여 조이스틱의 입력값이 200이하로 내려갔을 경우(조이스틱 입력값 X: -1024~1024, Y: -1024~1024)에만 다음 입력을 카운팅 하도록 수정하였다. Depth perception 항목은 정답의 구분의 명확하지 않은 문제점을 연습문제 시 정답 범위를 표시해 줌으로 해결하였으며 선 두께를 두껍게 조절하고 40회의 평가 횟수를 20회로 축소하였다. Sustained attention 항목 또한 비교적 얇았던 선을 선명하게 개선하였으며 Sustained attention 항목의 난이도가 비교적 쉬웠던 이유로 제기되었던 문제제시 시간을 2~4초 무작위로 수정하였다. Divided attention 항목 문제점은 입력장치 수정으로 문제를 해결하였고 추가적으로 선을 선명하게 개선하였다. Digit Span 항목은 가장 문제시 되었던 숫자제시와 함께 정답을 입력하는 문제의 해결과 본 연구의 목적인 입력장치의 최소화 목적과 맞물려 기존의 키보드 입력을 유지하는 한편 터치스크린으로 입력할 수 있도록 터치 시스템을 추가하였다(그림 1). 터치 시스템은 입력된 숫자가 바로 표시되어 기존에 입력된 수가 '*'로 표시되어 오 입력을 확인 할 수 없던 문제를 해결하였고 또한 오 입력을 수정할 수 있도록 입력된 숫자 한자리를 지울 수 있는 '지움' 버튼과 입력된 숫자를 모두 지울 수 있는 '다시' 버튼을 삽입하였다. 사용자 관찰에서 나타났던 시간제한 표시(표 7) 문제점도 해결하였다. 마찬가지로 Field dependency 항목에서도 시간제한 표시를 하였고 평가 시 정답과 오답의 방향을 제시해 줌으로써 사용자 관찰에서 나타났던 문제점을 해결하였다. Trail making Test A, B 항목은 Trail making Test A와 Trail making Test B의 문제해결방식이 다름에도 불구하고 평가에 대한 설명이 하나로 되어 있었으며 이 때문에 B항목이 비교적 어렵다는 문제점이 나타난 것으로 사료되어 A, B 항목을 나누고 각각의 설명을 추가하도록 수정하였다. 또한 평가와 관계없던 영문안내를 삭제하였다.

Table 9. Improvement of CPAD Sub-tests

| Sub-tests | Improvement |
|---|---|
| Common issues | Explanation, audio, and video instructions added |
| | More practice (from 3 to 5 times) provided |
| | Time window for correcting answers |
| Depth perception | Thicker line width |
| | Number of problem (from 40 to 20 times) reduced |
| | Visual examples of correct answer range provided |
| Sustained attention | Thicker line width |
| | Problem presentation intervals randomized (from 3 to 2~4 seconds) |

| | |
|---|---|
| Divided attention | Thicker line width |
| Digit Span | Touch screen used as an input device |
| | Input correction enabled |
| | Response output shown during the input process |
| | Time left shown within the response time window |
| Field dependency | Correct direction indicated visually |
| | Response output shown during the input |
| Trail making Test(A,B) | Separate instructions provided for both TMA and TMB |
| | English instruction removed |

Table 10. Improved CPAD

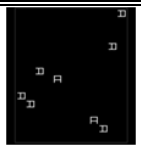
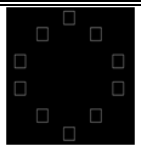
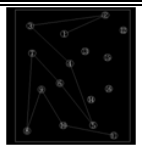
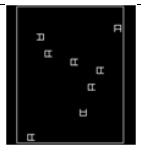
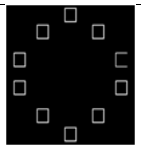
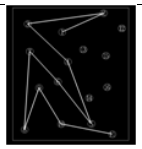
| | Depth perception | Sustained attention | Divided attention | Stroop Test | Digit Span | Field dependency | Trail making Test(A,B) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CPAD ver.2 | |  |  | | | |  |
| Improved CPAD ver.2 | |  |  | | | |  |

Figure 1. Improved touch System

### 4.2 입력장치 개선 결과

사용성 평가를 기반으로 한 입력장치의 개선결과는 (그림 2), (그림 3)와 같다. CPAD 입력장치 중 마우스 입력장치는 적합도 평가에서 부적합 한 것으로 나타났으며 익숙하지 않다는 문제점이 제시되었고 사용자 관찰에서도 숙련도에 따라 입력에 따른 차이가 나타난다고 보고되었다. 키보드 입력장치는 적합도에서 비교적 적합한 것으로 나타났었으나 마찬가지로 익숙하지 않다는 문제점과 숙련도에 따라 입력에 차이가 나타나고 시력에 따라 입력이 힘들다는 단점이 사용성 평가 결과에서 나타났다. 따라서 본 연구에서는 Digit Span, Trail making Test A, B 항목에만 각각 사용되는 키보드와 마우스 입력장치는 평가 시 다소 번거롭고 복잡해 보일 수 있다는 문제점까지 고려하여 CPAD 입력장치에서 제외하고 터치스크린으로 대체하였다(그림 3). 하지만 평가 환경이 항상 동일하지 않다는 점을 고려하여 키보드와 마우스 입력장치로도 진행할 수는 있도록 개선하였다. 조이스틱의 경우 조이스틱 고정 및 이동을 위한 레일을 추가하여 조이스틱 흔들림 문제와 시야가림 문제를 해결하였고 그 외의 문제점은 시중에 판매되는 조이스틱으로는 해결할 수 없다고 판단되어 CPAD 전용 조이스틱을 자체 제작하였다. 자체 제작된 조이스틱은 평가 시 필요한 버튼 외의 불필요한 버튼을 모두 제거 했으며 좌우 이동 가능한 받침대를 삽입하여 왼손사용자에게 불편했던 요소를 해결하였다. 또한 제작된 가이드를 삽입하여 상하좌우 조작을 원하는 방향으로 입력할 수 있도록 개선하였다(그림 2).

a. Old input devices b. Improved input devices

Figure 2. Old and improved input devices

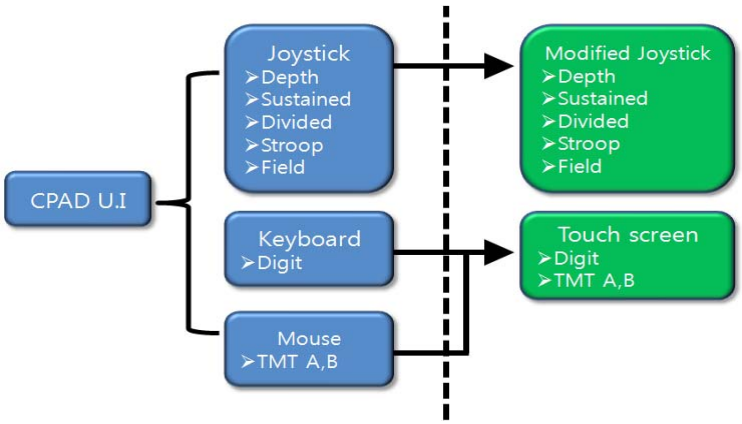



Figure 3. Simplified input devices

## 5. 결 론

본 연구에서는 국내 유일의 운전인지평가도구인 CPAD의 사용성 평가를 수행하고 그 결과를 토대로 CPAD를 개선하였다. CPAD의 사용성 평가는 대상자와 평가자로 나누어 진행하였으며 대상자가 CPAD를 평가받는 모습에 대한 사용자 관찰도 수행하였다. 사용성 평가의 결과는 공통적인 요소를 모아 카테고리화 하였으며 평가 기준에 영향을 미칠 수 있는 문제점은 개선사항에서 제외하였다. 개선된 CPAD는 각 평가항목에 설명 더보기 영상과 음성 설명을 추가하고 연습문제 횟수를 늘려 평가항목에 대한 대상자의 이해를 돕도록 하였으며 문제점으로 지적되었던 사용 환경들을 개선함으로써 CPAD 이용에 불편함을 최소화 하였다. 또한 기존의 조이스틱과 키보드, 그리고 마우스를 모두 사용해야 했던 CPAD의 입력장치를 개선된 조이스틱과 터치스크린으로 축약하여 번거로움을 줄였으며 컴퓨터 작동에 능숙하지 않은 대상자들이 사용하기 편리하게 수정되었다. 본 연구의 결과를 통해 개선된 CPAD는 장애인들의 접근성이 높은 전국 권역별 재활병원 및 장애인 운전지원센터에 보급하여 운전인지능력을 평가하는 도구로 사용할 계획이다.

**Acknowledgements**

This research was supported by a grant(14-C-04) from the Korean National Rehabilitation Center Research Institute.

**References**

Byeon, Y.C., Seo, D.W., Lee, S.W., Kim, S.H., Hwang, J.H., Kwon, S.J. and Gye, H.B., 2000 National Survey on Persons with Disabilities. Ministry of Health and Welfare, 2001.

Byeon, Y.C., Kim, S.H., Yoon, S.Y., Choi, M.Y., Gye, H.B., Kwon, S.J. and Lee, S.W., 2005 National Survey on Persons with Disabilities. Ministry of Health and Welfare, 2006.

Kim, S.H., Byeon, Y.C., Son, C.K., Lee, Y.H., Lee, M.K., Lee, S.H., Kang, D.W., Kwon, S.J., Oh, H.K., Yoon, S.Y. and Lee, S.W., 2011 National Survey on Persons with Disabilities. Ministry of Health and Welfare, 2012.

Akinwuntan, A. E., Feys, H., DeWeerdt, W., Pauwels, J., Baten, G. and Strypstein, E., Determinants of driving after stroke, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 83(3), 334-341, 2002.

Sundet, K., Goffeng, L. and Hofft, E., To drive or not to drive: neuropsychological assessment for driver's license among stroke patients, Scandinavian journal of psychology, 36(1), 47-58, 1995.

Fisk, G.D., Owsley, C. and Mennemeier, M., Vision, attention, and self-reported driving behaviors in community-dwelling stroke survivors, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 83(4), 469-477, 2002.

Hajek, V.E., Rutman, D.L. and Scher, H., Brief assessment of cognitive impairment in patients with stroke, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 70(2), 114-117, 1989.

Engum, E.S., Lambert, E.W., Womac, J. and Pendergrass, T.M., Norms and decision making rules for the cognitive behavioral driver's inventory, Cognitive Rehabilitation, 6, 12-18, 1988.

Choi, S.W., Jang, S.J., Park, S.W., Lee, J.T. and Park, O.T., Application of Cognitive Perceptual Assessment for Driving (CPAD) for the Brain Injured Patients -A preliminary study-, Journal of Korean Academy Rehabilitation Medicine, 32(3), 273~279, 2008.

Katz, R.T., Golden, R.S., Butter, J., Tepper, D., Rothke, S., Holmes, J. and Sahgal, V., Driving safety after brain damage: follow-up of twenty-two patients with matched controls, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 71(2), 133-137, 1990.

Shore, D., Gurgold, G. and Robbins, S., HANDICAPPED DRIVING-AN OVERVIEW OF ASSESSMENT AND TRAINING, In Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 61(10), 481-481, 1980.

Van Zomeren, A.H., Brouwer, W.H. and Minderhoud, J.M., Acquired brain damage and driving: a review, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 68(10), 697-705, 1987.

Mazer, B.L., Korner-Bitensky, N.A. and Sofer, S., Predicting ability to drive after stroke, Archives of physical medicine and rehabilitation, 79(7), 743-750, 1998.

Dobbs, A.R., The development of a scientifically based driving assessment and standardization procedures for evaluating medically at-risk drivers, Paper presented at the Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference XV, New Brunswick, Canada, 2005.

Korner-Bitensky, N. and Sofer, S., The DriveABLE Competence Screen as a predictor of on-road driving in a clinical sample, Australian Occupational Therapy Journal, 56(3), 200-205, 2009.

Mazer, B.L., Sofer, S., Korner-Bitensky, N. and Gelinas, I., Use of the UFOV to evaluate and retrain visual attention skills in clients with stroke: a pilot study, The American Journal of Occupational Therapy, 55(5), 552-557. 2001.

Sarti, C., Rastenyte, D., Cepaitis, Z. and Tuomilehto, J. International trends in mortality from stroke, 1968 to 1994. Stroke. 31(7), 1588-1601. 2000.

Lundberg, C., Caneman, G., Samuelsson, S.M., Hakamies-Blomqvist, L., Almkvist, O., " The assessment of fitness to drive after a stroke: the Nordic Stroke Driver Screening Assessment", Scandinavian Journal of Psychology, 44(1), Scandinavian University Press, 23~30, 2003.

Lee, J.W., Jang, S.J., Kim, D.A., Park, S.W., Jeong, W.K., Yoo, J.H., Lee, J.H., Kim, S.I., Development and Application of Cognitive Perceptual Assessment for Driving of People with Brain Injury - Comparison with Cognitive Behavioral Driver's Inventory, Journal of Korean Academy Rehabilitation Medicine, 28(6), 523~531, 2004.

Jang, S.J., Park, S.W., Kim, D.A., Lee, J.T., Lee, J.W., Jeong, W.K., Lee, J.H., Kim, S.I., Cognitive Perceptual Assessment Tool for Evaluation of Driving Ability of Persons with Brain Injury, Journal of Korean Academy Rehabilitation Medicine, 30(2), 128~134, 2006.

Mayhew, D.J., The usability engineering lifecycle, In: CHI'99 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, ACM, 147-148. 1999.

Iso, I. S. O. IEC 9126-1: Software Engineering-Product Quality-Part 1: Quality Model. Geneva, Switzerland : International Organization for Standardization. 2001.

Choi, h., Lee, J.A., Lee, S., Jung, S.W., Park, K.W., Lee, B.S., Kim, D.A., Jang, K.B., Lee, R.N., Kim, M.K., Park, M.O., A study investigating standardized evaluation and training of driving cognition for people with brain impairments, Korean National Rebhabilitation Research institute, Seoul, Korea, 2013.