

운전시뮬레이터 훈련이 뇌졸중 환자의 시각 및 신체 반응 속도에 미치는 영향: 단일 사례 연구

오영주*, 송예원**, 이재신***

*건양대학교병원 작업치료실

**유성웰니스 재활전문병원 작업치료실

***건양대학교 작업치료학과

국문초록

목적: 본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 운전시뮬레이터 훈련을 적용하여 시각 반응 속도와 신체 반응 속도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구방법: 연구 대상은 뇌졸중 환자 3명이며, 개별실험 연구 방법 중 AB 설계를 사용하였다. 총 실험회기는 총 18회기로 기초선 A 3회기, 중재기 B 15회기로 진행하였다. 운전시뮬레이터 훈련의 중재는 시나리오를 무작위로 선택하여 주 3회, 회기당 30분간 적용하였다. 시각과 신체 반응 속도 변화의 반복 측정을 위해 시각 탐색, 주변 시각 인식, 시각적 주의력, 시각-운동 반응 속도를 측정하도록 설계된 Dynavision을 사용하였으며, 중재 전·후 길 만들기 검사(Trail Making Test; TMT)를 사용하여 시각-운동 처리 속도의 변화를 측정하였다.

결과: 운전시뮬레이터 훈련을 받은 3명의 대상자는 운전 중에 있어 중요한 시각적 요소들을 측정할 수 있는 Dynavision으로 반응 속도를 확인한 결과 시각적 반응 속도는 통계적으로 유의한 향상을 보였다. 또한 신체적 반응 속도에서는 모두 향상을 보였으나 대상자 2와 3만 통계적으로 유의하게 향상되었다. TMT를 통해 측정한 시각-운동 처리 속도는 대상자 모두 향상되었다.

결론: 운전시뮬레이터의 적용은 뇌졸중 환자의 시각과 신체 반응 속도, 시각-운동 처리 속도의 향상에 효과를 보였다. 따라서 운전시뮬레이터 훈련은 뇌졸중 환자의 안전 운전을 위한 중재도구로의 활용에 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.

주제어: 뇌졸중, 반응 속도, 운전시뮬레이터 훈련, Dynavision

I. 서론

운전은 사회 활동을 위한 독립적인 이동 수단으로 지속적으로 변하는 환경 안에서 운동, 인지 및 지각 기능의

통합을 요구하는 복합적인 과제이다(Coleman et al., 2002). 또한 운전은 직업, 쇼핑, 건강관리 또는 사회참여를 할 수 있도록 하여 삶의 만족도를 높이며(Johnston, Goverover, & Dijkers, 2005) 독립적인 이동과 사회적

ORCID: Oh, Young-Ju, <http://orcid.org/0000-0001-7099-3333>

Corresponding author: Lee, Jae-Shin (jaeshin@konyang.ac.kr/ Dept. of Occupational Therapy, Konyang University)

Received 30 April 2015; Revised version received 28 July 2015; Accepted 18 December 2015

상호작용 및 지역사회로의 통합을 강화시켜주는 중요한 활동이다(Lane & Benoit, 2011). 하지만 뇌졸중으로 인해 손상된 운동, 인지 및 지각 기능 등은 운전 기능에 영향을 미치게 되며 이는 운전을 중단하게 만든다(Akinwuntan et al., 2002; Marshall et al., 2007).

운전자에게 주어지는 자극 중 90.0% 이상은 시각적인 자극으로, 운전을 하는 데에 있어 시각 정보의 반응 속도와 시각적 주의력은 중요한 요소들이다(Underwood, Chapman, Brocklehurst, Underwood, & Croudall, 2003). 특히 시각 반응 속도는 운전 수행 시 가장 중요한 요소로 시각 자극에 대해 신체적으로 빠르게 반응하는 능력은 운전을 하는 데에 있어 필수적이다(Roenker, Cissell, Ball, Wadley, & Edwards, 2003). 이 시각 반응 속도에는 복잡한 자극을 처리하기 위해 시각 시스템에서 반응하는 시각적 반응 속도 뿐만 아니라 행동으로 실행하는 데에 걸리는 신체적 반응 속도가 포함된다(Thorpe, Fize, & Marlot, 1996).

하지만 이러한 시각적인 기능에 손상이 있는 뇌졸중 환자들은 도로 주행 평가와 같은 운전 수행 평가에서 낮은 수행률을 보인다(Mazer et al., 2003). 결과적으로 이것은 운전 기능의 결함으로 이어지며 교통사고를 일으키는 주된 원인으로 보고된다(Fisk, Owsley, & Mennemeier, 2002; Green & Senders, 2004). 따라서 뇌졸중 환자가 운전 기능을 회복하기 위해서는 시각 반응 속도의 훈련과 재교육이 필수적이다(Roenker et al., 2003).

뇌졸중 환자의 운전 재훈련 프로그램에는 운전시뮬레이터 훈련, Useful Field of View (UFOV) 시각적 부주의 훈련, Dynavision 훈련 방법 등이 있다(Crotty & George, 2009). 특히 운전시뮬레이터 훈련은 상황적 인식, 위험 회피 등을 증진시킬 수 있으며(Akinwuntan et al., 2005; Roenker et al., 2003), 교통 신호의 지각, 시각적 행동 등을 포함한 도로 주행 운전 기술 향상에 중요한 훈련이라고 보고되고 있다(Devos et al., 2009). 이에 따라 운전시뮬레이터 훈련은 시각적 주의력, 시각 반응 속도 등의 많은 운전 기술을 향상시킬 수 있다(Akinwuntan, Wachtel, & Rosen, 2012).

운전시뮬레이터를 사용한 기존의 선행 연구를 살펴보면 노인에게 운전시뮬레이터 훈련을 실시했을 때 폐달을 밟는 속도가 향상되어 반응 속도 향상에 효과가 있음을

보고하였다(Roenker et al., 2003). 또한 뇌졸중 환자에게 운전시뮬레이터 훈련을 적용한 후 UFOV를 사용하여 평가했을 때에도 시각적 주의력과 반응 속도 향상 등에 효과가 있다는 결과도 보고되었다(Akinwuntan et al., 2010). 하지만 이러한 반응 속도의 향상이 시각적 반응 속도의 향상을 통해 이루어졌는지 신체적 반응 속도의 향상을 통해 이루어졌는지는 아직 확인되지 않았다. 따라서 운전시뮬레이터 훈련이 반응 속도에 미친 영향을 시각적 반응 속도와 신체적 반응 속도로 나누어 세부적으로 확인해 볼 필요성이 있다.

또한 일반적으로 시각 탐색, 시각적 주의력, 시각-운동 반응 속도를 테스트하고 훈련시키기 위해서는 Dynavision이 사용된다(Vesia, Esposito, Prime, & Klavara, 2008). 특히 Dynavision은 시각 반응 속도를 측정하는 데에 있어 시각적인 반응 속도와 신체적인 반응 속도를 나누어 세부적으로 측정할 수 있다는 장점이 있다(Klavara et al., 1995). 이에 본 연구에서는 Dynavision을 이용해 시각적 반응 속도와 신체적 반응 속도를 반복 측정하여 운전시뮬레이터 훈련이 뇌졸중 환자의 시각 반응 속도에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 대전시 K 병원에 입원한 뇌졸중 환자 3명을 대상으로 시행되었다. 대상자 선정 기준은 다음과 같으며 Devos 등(2010)의 연구를 참고하였다(Table 1). 본 연구는 건양대학교병원 연구윤리심의위원회의 심의를 통과하여 진행하였다(IRB File No. KYUH 2014-08-013-001). 연구를 시행하기 전 연구 대상자에게 연구의 목적과 방법을 충분히 설명하였으며 모든 연구 대상자는 연구 동의서에 서명하였다. 선별 기준에 부합하는 대상자를 편의추출 하였다.

1) 대상자 선정 기준

가. 뇌졸중 발병 후 3개월 이상 경과한 경우

나. 6개월 안에 간질 또는 발작 과거력이 없는 경우

- 다. 시력에 문제가 없는 경우
- 라. 발병 전 운전 면허증이 있고 운전 경험이 있는 경우
- 마. 향후 운전을 희망하는 경우

2. 연구 설계

본 연구는 개별실험 연구방법(single subject research design) 중 AB 설계를 사용하였다. 연구는 2014년 9월 18일부터 10월 23일까지 6주 동안 총 18회기로 진행되었다. 기초선 A 3회기, 중재기 B 15회기로 실시되었으며, 중재는 각 회기당 30분간 주 3회로 시행하였다.

1) 기초선 A

중재 없이 Dynavision을 사용하여 시각-운동 반응 개수 및 시각적 반응 속도, 신체적 반응 속도를 측정하였으며, 마지막 회기에 길 만들기 검사 A, B (Trail Making Test-A, B; TMT-A, B)를 측정하였다.

2) 중재기 B

시나리오를 무작위로 선택하여 운전시뮬레이터 훈련을 적용한 후, Dynavision을 사용하여 시각-운동 반응 개수 및 시각적 반응 속도, 신체적 반응 속도를 반복 측정하였다.

3) 재평가

중재 종료 후, TMT-A, B를 사용하여 재평가를 실시하였다.

3. 측정 및 중재 도구

1) 운전시뮬레이터

운전시뮬레이터는 STISIM Drive System (M100 Series Simulation Systems Technology Inc., Hawthorne,

CA)을 사용하였다. 운전자에게 60~180°의 시야를 제공하는 세 개의 모니터, 두 개의 스피커, 운전석, 핸들조작 장치, 페달조작 장치, 실험자용 모니터와 실험자용 컴퓨터로 구성되어 있다(Figure 1). 시나리오는 총 53개이며, 도심, 고속도로, 지방도 등을 배경으로 운전 환경을 재현하고 있다. 이러한 운전 환경에서 터널과 주차장 통과, 안개 지역 통과, 공사 지역 통과, 신호 대기, 갓길 차량 끼어들기, 교차로 회전 진입, 정체도로 주행 등의 상황이 제공되어 다양한 운전 상황에서 훈련이 가능하다(Systems Technology Incorporation, 2013). 본 연구에서는 시나리오를 무작위로 선택하였으며 난이도와 시나리오 시간이 편중되지 않게 적용하였다. 대상자 1과 2는 양 손과 발을 모두 사용하였으며, 대상자 3은 건측인 오른쪽 손, 발만 사용하여 시행하였다.

2) Dynavision

Dynavision 2000(Dynavision International LLC., West Chester, OH)은 넓은 활동적 시야를 통해 시각 탐색(visual scanning), 주변 시각 인식(peripheral visual awareness), 시각적 주의력(visual attention)과 시각-운동 반응 속도(visual-motor reaction time)를 측정하고 훈련하도록 설계되었다. 개체 간 상관 계수가 .88~.97로 높은 검사-재검사간 신뢰도를 가지고 있다(Klavara, Gaskovski, & Forsyth, 1995). 벽에 설치된 큰 판(165×120cm) 안에 64개의 붉은 빛이 들어오는 작은(1×1cm) 사각형 버튼이 5줄의 원 구조로 배열되어 있다. 각 프로그램의 진행 시간은 30초, 60초, 240초 3가지로 설정 가능하다(Klavara, Gaskovski, Heslegrave, Quinn, & Young, 1995). 본 연구에서는 시각 반응 속도의 변화를 알아보기 위해 시각-운동 반응 개수, 시각적 반응 속도, 신체적 반응 속도를 반복 측정하였다.

Table 1. General Characters of Participants

Participant	Gender	Age (yr)	Onset period (mo)	Stroke type	Paretic side	Dominant hand (pre/post)	Driving career (yr)
1	Male	51	11	Infarction	Right	Right/Left	28
2	Male	48	3	Infarction	Right	Right/Left	25
3	Male	48	25	Hemorrhage	Left	Right/Right	20

(1) 시각-운동 반응 개수

self-paced 프로그램을 실행한 후 무작위로 점등되는 사각형 버튼을 대상자가 건측 상지를 이용하여 60초 동안 빠르게 누르도록 하여 반응 개수를 기록하였다.

(2) 시각적 반응 속도와 신체적 반응 속도

Choice response time 프로그램을 실행한 후, 대상자는 건측 상지를 사용하여 지정된 하나의 버튼을 누른다. 이 때 30cm씩 떨어진 4개의 버튼 중에 무작위로 하나의 버튼이 점등되면 이 버튼을 최대한 빠르게 누른 후 다시 본래의 버튼으로 돌아오도록 하였다. 이와 같은 방법으로 5회기를 측정하였으며 Dynavision의 LED판에 제시된 반응 속도를 기록하였다.

3) 길 만들기 검사 (Trail Making Test; TMT)

Halstead-Reitan Neuropsychological Test Battery (HRNB)의 일부분으로 신경심리학적 도구로서 선별도구 및 단독으로 사용할 수 있다. 검사는 처리속도(processing speed), 순서화(sequencing), 정신적 유연성(mental flexibility), 시각-운동 기술(visuomotor skills)을 측정한다(Bowie & Harvey, 2006).

(1) 길 만들기 검사 A (Trail Making Test A; TMT-A)

동그라미 안에 쓰인 숫자가 지면위에 무작위로 배치되어 있어 숫자를 순서대로 찾아 가능한 빠른 시간 내에 선을 그어 연결시키는 검사이다. 시각-운동 처리 속도(visuomotor processing speed)와 시각 탐색(visual scanning)을 측정할

수 있다(Aslaksen, Elvestad, Scjafera, & Amkea, 2013). 시작과 동시에 시간을 측정하고 5회 이상의 오류를 보이거나 측정시간이 5분 이상 소요되는 경우 중단한다(Kim & Hyun, 2004). 본 연구에서 평가가 중단된 대상자는 없었으며 중재 전, 후를 비교하기 위해 기초선 A의 마지막 회기와 재평가 시에 측정하였다.

(2) 길 만들기 검사 B (Trail Making Test B; TMT-B)

원본은 숫자와 알파벳을 순서대로 연결시키도록 되어 있으나 본 연구에서는 알파벳을 ‘가, 나, 다...’로 변형한 한국판을 사용하였다(Kim & Hyun, 2004). ‘1→가, 2→나, 3→다’ 순으로 가능한 빠른 시간 내에 선을 그어 연결한다. 동시적 주의력(divided attention), 변화적 주의력(shift attention), 심리운동속도(psychomotor speed)를 검사할 수 있다(Aslaksen et al., 2013). TMT-A와 동일한 방법으로 진행하였으며, 평가가 중단된 대상자는 없었다.

4. 자료 분석

기초선 A와 중재기 B의 회기별 측정값은 시각적 그래프를 통해 비교·분석하였다. 또한 시각-운동 반응 개수와 시각적 반응 속도, 신체적 반응 속도 변화의 유의성을 검증하기 위해 2표준편차 범위(two-standard deviation band)를 기준으로 분석하였다. 기초선 A 시기의 평균±2표준편차를 기준으로 하여 중재기 B의 각 회기별 측정값들 중에서 기준보다 높은 값이 연속하여 2회기 이상 나타날



Figure 1. Picture of Driving Simulator

때 유의미한 변화가 있는 것으로 해석한다(Nourbakhsh & Ottenbacher, 1994). 또한 중재 후 시각-운동 반응 개수와 시각 반응 속도, 신체 반응 속도 변화를 확인하여 중재 전과 비교 분석 하였으며, TMT-A, TMT-B의 측정 값 변화에 대한 유의성을 검증하였다. 수집된 자료의 분석을 위해 SPSS Version 20.0을 사용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 시각-운동 반응 개수 변화

대상자 1의 시각-운동 반응 개수는 기초선 A에서 48.33개, 중재기 B는 59.13개, 대상자 2는 기초선 A에서 54.67개, 중재기 B는 65.07개, 대상자 3은 기초선 A

에서 63.33개, 중재기 B는 75.73개로 대상자 모두 기초선 A보다 중재기 B에서 반응 개수가 증가하였다. 중재기 B에서 기초선 A의 평균과 2표준편차 밴드 이상인 값들이 두 개 이상 연속으로 나타나므로 통계적으로 유의미한 변화를 보였다(Figure 2).

2. 시각적 반응 속도 변화

대상자 3명의 신체 반응 속도는 기초선 A보다 중재기 B에서 감소를 보였다. 대상자 1은 .42초에서 .38초, 대상자 2는 .5초에서 .38초, 대상자 3은 .4초에서 .34초로 중재 전보다 중재 중에 감소를 보였다. 대상자 모두 중재기 B에서 기초선 A의 평균과 2표준편차 밴드 이상인 값들이 두 개 이상 연속으로 나타나므로 통계적으로 유의미한 변화를 보였다(Figure 3).

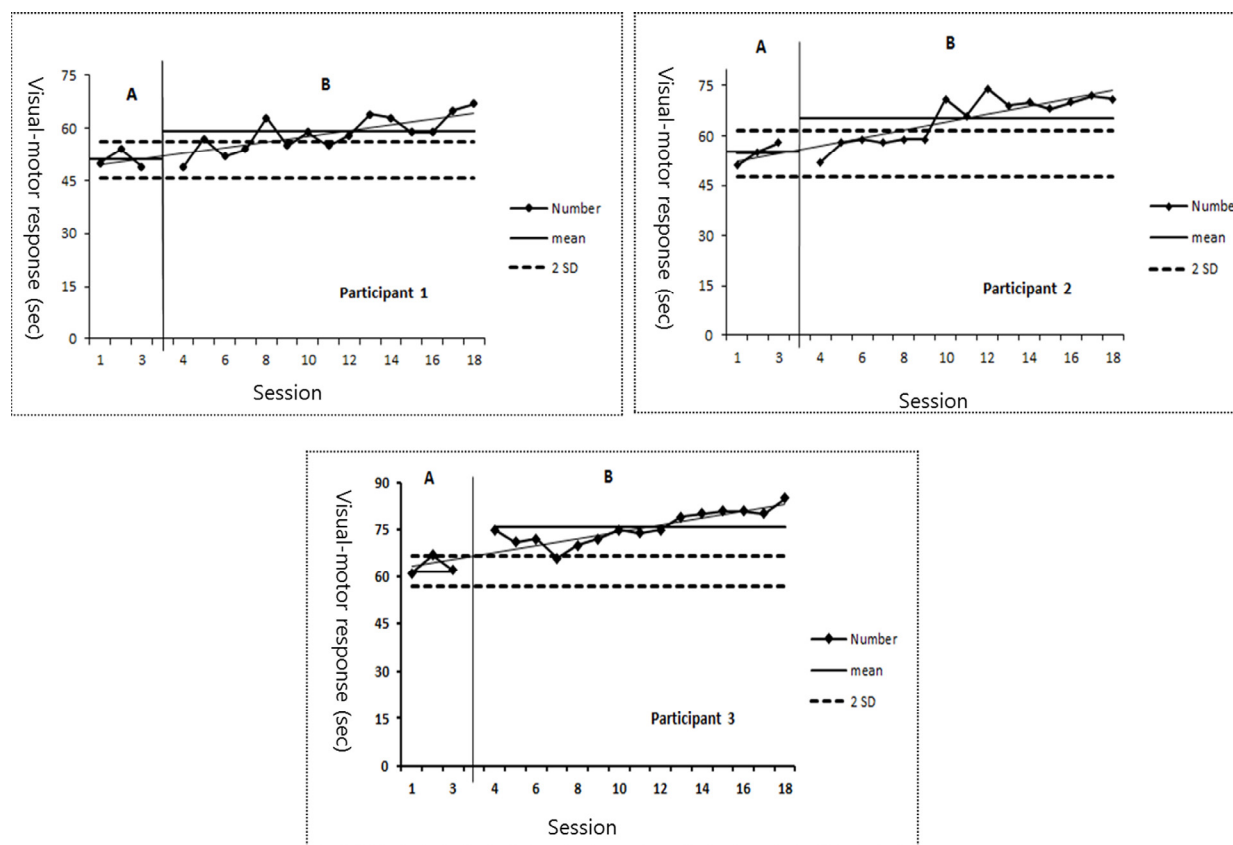


Figure 2. The Number of Visual-motor Response

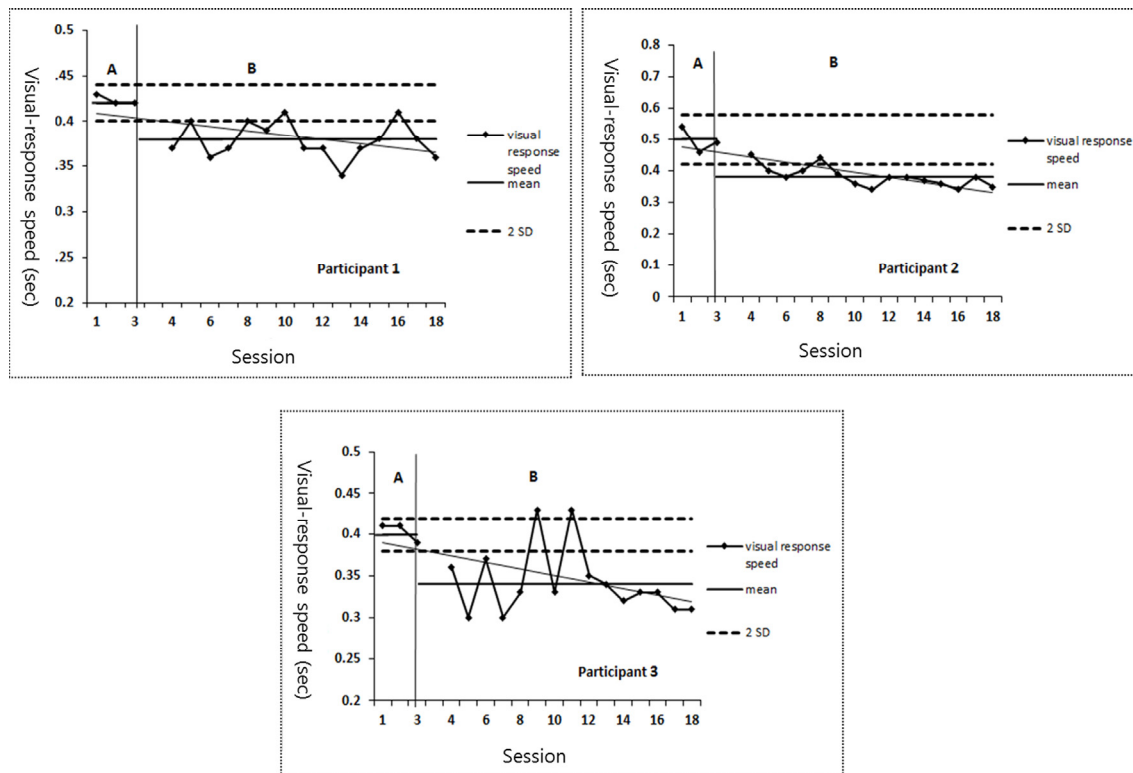


Figure 3. Change of Visual Response Speed

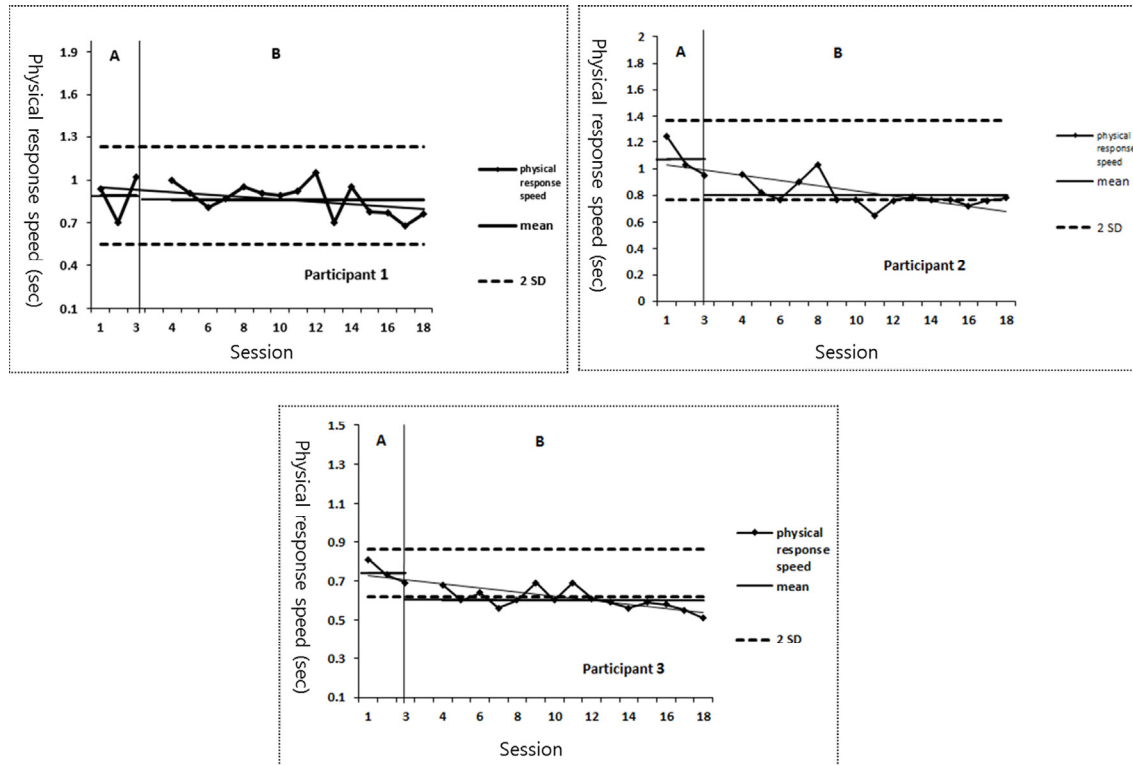


Figure 4. Change of Physical Response Speed

3. 신체적 반응 속도 변화

대상자 3명의 신체 반응 속도는 기초선 A보다 중재기 B에서 감소를 보였다. 대상자 1은 기초선 A에서 .89초, 중재기 B는 0.86초, 대상자 2는 기초선 A에서 1.07초, 중재기 B는 0.08초, 대상자 3은 기초선 A에서 0.74초, 중재기 B는 0.60초로 감소하였다. 대상자 2와 3은 중재기 B에서 기초선 A의 평균과 2표준편차 밴드 이상인 값들이 두 개 이상 연속으로 나타나므로 통계적으로 유의미한 변화를 보였다(Figure 4).

4. TMT-A, B의 중재 전·후 비교

TMT의 결과로 대상자 모두 시각-운동 처리 속도가 향상되었다(Table 2). 대상자들의 TMT-A의 전, 후 변화로는 대상자 1은 11.05초, 대상자 2는 2.92초, 대상자 3은 2.45초로 감소되었다. 또한 TMT-B에서는 대상자 1은 37.50초, 대상자 2는 10.71초, 대상자 3은 1.83초로 감소되었다(Figure 5).

IV. 고 찰

최근 지역사회 통합과 참여에 관한 연구가 활발해지면서 운전재활에 관한 연구에 관심이 모아지고 있다. 안전운전을 위해서는 시각, 청각, 인지 및 지각, 운동 기술을 포함해 사회적 환경과의 복합적 상호작용이 이루어져야 한다(Lee et al., 2002). 특히 시각 정보의 반응 속도는 매우 중요한 요소이다(Underwood et al., 2003). 시각적인 기능의 어려움을 가진 뇌졸중 환자는 운전의 어려움을 가지게 되며(Marshall et al., 2007), 이는 교통사고를 일으키는 주된 원인으로 보고된다(Fisk et al., 2002; Green & Senders, 2010). 이에 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 운전시뮬레이터 훈련을 적용하여 Dynavision을 통해 시각적 반응 속도와 신체적 반응 속도의 변화를 알아보려고 하였다.

연구 대상자들은 3명 모두 남성으로 48~51세이며, 2명은 뇌경색, 1명은 뇌출혈로 진단받았다. 대상자 모두 발병 전 오른쪽이 우세손이었으며 발병 후 대상자 1과 2의 환측은 오른쪽, 대상자 3은 왼쪽이었다. 평균 운전경

Table 2. Compared Before and After Intervention of TMT-A, TMT-B (sec)

Participant	TMT-A			TMT-B		
	Baseline	Post	Difference	Baseline	Post	Difference
Participant 1	43.40	32.35	11.05	161.09	123.59	37.50
Participant 2	21.17	18.25	2.92	59.93	49.22	10.71
Participant 3	20.97	18.52	2.45	57.21	55.38	1.83

TMT-A: Trail Making Test A, TMT-B: Trail Making Test B

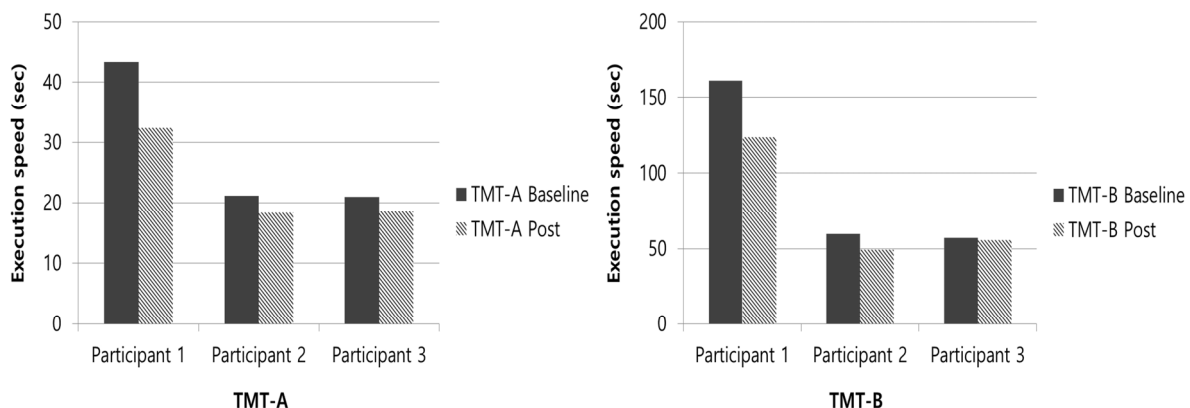


Figure 5. Compared Before and After Intervention of TMT-A, TMT-B

력은 24년으로 젊었을 때부터 운전을 수행하였으며 대상자 모두 앞으로 운전을 다시 수행하기를 희망하였다. 또한 대상자들은 운전이 가능하다면 지역사회로의 통합과 직업으로의 복귀가 가능해질 것이라 하였다.

연구 결과를 확인하기 위하여 Dynavision으로 시각-운동 반응 개수, 시각적 반응 속도, 신체적 반응 속도를 반복 측정하였다. 대상자들의 시각-운동 반응 개수의 평균 변화는 기초선 A보다 중재기 B에서 7.60~10.40개 증가하였다. 시각적 반응 속도의 평균 변화는 0.03~0.27초 감소하였으며, 신체적 반응 속도의 평균 변화는 0.14~0.30초 감소하였다. 이처럼 대상자 모두 기초선 A보다 중재기 B에서 향상을 보였으며 시각적 반응 속도와 신체적 반응 속도가 통계적으로 유의미하게 향상되었다. 특히 유병 기간이 3개월이었던 대상자 2가 가장 많은 향상을 보였다. 이는 발병 후 6개월의 기간이 뇌졸중 환자의 중요한 재활 시기로 신경가소성이 급속히 일어나는 시기이며, 만성 환자에 비해 통증, 좌절감 등에 영향을 받지 않을 수 있어 가장 많은 향상을 보인 것으로 생각된다 (Brunner, Skouen, & Strand, 2012; Dromerick, Edwards, & Hahn, 2000; Platz et al., 2009). 따라서 유병기간이 짧을수록 치료에 긍정적인 영향을 줄 수 있으므로 초기에 운전재활을 시작하는 것이 기능 회복을 도모하는 효과가 있을 것이라 생각된다(Choi, Jung, & Chung, 2009). 또한 유병기간이 11개월 이상인 대상자 1과 3에서도 중재효과가 있었으므로 본 연구를 통하여 운전시뮬레이터 훈련이 만성 환자에게도 유용한 중재 방법임을 확인할 수 있었다.

추가적으로 시각-운동 처리 속도의 향상을 확인하기 위해 TMT를 중재 전, 후에 실시한 결과 대상자들의 TMT-A는 2.45~11.05초, TMT-B는 1.83~37.50초 감소하였다. 이러한 결과는 대상자들의 반응 속도 향상이 측정 도구에 의한 학습 효과가 아님을 증명하는 결과이다. 대상자들의 시각적 반응 속도 평균 감소 정도는 0.05~0.13초인 반면에 신체적 반응 속도의 평균 감소 정도는 0.14~0.30초로 신체적 반응 속도의 감소 정도가 크다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 노인인 뇌졸중 환자에게 운전시뮬레이터 훈련을 실시했을 때 반응 속도와 시각적 주의력에 효과적이었던 기존의 연구결과와 일치한다(Akinwuntan et al., 2010; Roenker et al.,

2003). 또한 반응 속도를 시각과 신체로 구분해 확인한 결과 시각적 반응 속도가 향상될수록 신체적 반응 속도 또한 향상됨을 확인하였으며 시각적 반응 속도의 향상된 폭이 클수록 신체적 반응 속도의 향상된 폭도 크게 나타났다. 이는 복잡한 자극을 처리하는 과정에서 시각적으로 받아들이는 시각적 반응과 행동으로 실행하는 신체적 반응이 향상되어 운전 수행에 있어 위험성 감소에 영향을 줄 수 있을 것이다(Akinwuntan et al., 2005; Devos et al., 2009; Fisk et al., 2002; Green & Senders, 2010; Roenker et al., 2003).

본 연구 결과를 통해 운전시뮬레이터 훈련이 뇌졸중 환자의 시각적 반응 속도와 신체적 반응 속도의 기능 향상에 효과적이라는 것을 알 수 있었다. 시각과 신체 반응 속도의 향상은 도로 주행 운전 기술인 상황 인식, 위험 회피, 교통 신호의 지각 등의 시각적 행동의 증진 효과를 보인다(Akinwuntan et al., 2005; Devos et al., 2009; Roenker et al., 2003). 또한 운전시뮬레이터의 적용은 뇌졸중 환자의 사고 위험성을 사전에 확인하여 운전수행의 위험요소 항목을 줄일 수 있게 된다. 그러나 본 연구는 참여 대상자가 모두 남성으로만 이루어졌고 운전시뮬레이터 훈련 효과의 장기간 지속성에 관한 연구가 진행되지 않았다. 따라서 향후 연구에서는 참여자의 수를 늘리고, 운전시뮬레이터 훈련 효과의 지속성에 관한 연구를 통해 일반화할 수 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 대상자 개인의 특성을 고려할 수 있는 단일 사례 연구를 통해 뇌졸중 환자에게 운전시뮬레이터 적용한 후 시각과 신체 반응 속도의 변화를 알아보고자 하였으며, AB 설계를 사용하여 기초선 A 3회기, 중재기 B 15회기를 포함한 총 18회기로 진행되었다.

연구 결과 운전시뮬레이터의 적용은 뇌졸중 환자의 시각과 신체 반응 속도의 향상에 효과적이었다. TMT에서도 수행 능력의 향상을 보였으며 시각적 반응 속도가 향상될수록 신체적 반응 속도 또한 향상됨을 확인하였다. 따라서 운전시뮬레이터 훈련은 뇌졸중 환자의 운전수행에 있어 위험요소 항목을 사전에 확인하여 교통사고의

위험성을 낮추어 안전 운전을 위한 중재 도구로의 활용에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

References

- Akinwuntan, A. E., Feys, H., De Weerd, W., Pauwerls, J., Baten, G., & Strypstein, E. (2002). Determinants of driving after stroke. *Archives of Physica Medicine and Rehabilitation*, 83, 334–341. doi:10.1053/apmr.2002.29662
- Akinwuntan, A. E., De Weerd, W., Feys, H., Pauwels, J., Baten, G., Arno, P., & Kiekens, C. (2005). Effect of simulator training on driving after stroke: A randomized controlled trial. *Neurology*, 65, 843–850. doi:10.1212/01.wnl.0000171749.71919.f
- Akinwuntan, A. E., Devos, H., Verheyden, G., Basten, G., Kiekens, C., Feys, H., & De Weerd, W. (2010). Retraining moderately impaired stroke survivors in driving-related visual attention skills. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 17, 328–336. doi:10.1310/tsr1705-328
- Akinwuntan, A. E., Wachtel, J., & Rosen, P. N. (2012). Driving simulation for evaluation and rehabilitation of driving after stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 21, 478–486. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2010.12.001
- Aslaksen, P. M., Elvestad, R., Scjafer, C., & Amkea, A. (2013). Prediction of on-road driving ability after traumatic brain injury and stroke. *European Journal of Neurology*, 20, 1227–1233. doi:10.1111/ene.12172
- Bowie, C. R., & Harvey, P. D. (2006). Administration and interpretation of the trail making test. *Nature Protocols*, 1, 2277–2281. doi:10.1038/nprot.2006.390
- Brunner, I., Skouen, J., & Strand, L. (2012). Is modified constraint-induced movement therapy more effective than bimanual training in improving arm motor function in the subacute phase post stroke? A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 26, 1078–1086. doi:10.1177/0269215512443138
- Choi, Y. I., Jung, M. Y., & Chung, B. I. (2009). The effect of constraint-induced movement therapy on the affected upper extremity function and activities of daily living for stroke patients. *Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 17(1), 77–90.
- Coleman, R., Rapport, L., Ergh, T., Hanks, R., Ricker, J., & Mills, S. (2002). Predictors of driving outcome after traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83, 1415–1422. doi:10.1053/apmr.2002.35111
- Crotty, M., & George, S. (2009). Retraining visual processing skills to improve driving ability after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90, 2096–2102. doi:10.1016/j.apmr.2009.08.143
- Devos, H., Akinwuntan, A. E., Nieuwboer, A., Tant, M., Truijen, S., Wit, L. D., & Weerd, W. D. (2009). Comparison of the effect of two driving retraining programs on on-road performance after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23, 699–705. doi:10.1177/1545968309334208
- Devos, H., Akinwuntan, A. E., Nieuwboer, A., Ringoot, I., Berghen, K. V., Tant, M., ... Weerd, W. D. (2010). Effect of simulator training on fitness-to-drive after stroke: A 5-year follow-up of a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 24, 843–850. doi:10.1177/1545968310368687
- Dromerick, A. W., Edwards, D. F., & Hahn, M. (2000). Does the application of constraint-induced movement therapy during acute

- rehabilitation reduce arm impairment after ischemic stroke? *Stroke*, 31, 2984–2988. doi:10.1161/01.STR.31.12.2984
- Fisk, D., Owsley, C., & Mennemeier, M. (2002). Vision, attention, and self-reported driving behaviors in community-dwelling stroke survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83, 469–477. doi:10.1053/apmr.2002.31179
- Green, M., & Senders, J. (2004). *Human error in road accidents*. Retrieved from <http://www.visualexpert.com/Resources/roadaccidents.html>
- Johnston, M. V., Goverover, Y., & Dijkers, M. (2005). Community activities and individual satisfaction with them: Quality of life in the first year after traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86, 735–745. doi:10.1016/j.apmr.2004.10.031
- Kim, M. K., & Hyun, M. H. (2004). Relationships between trail making test (A, B, B-A, B/A) scores and age, education, comparison of performance head injury patient and psychiatric patient. *Korean Journal of Clinical Psychology*, 23(2), 323–366.
- Klavora, P., Gaskovski, P., Martin, K., Forsyth, R. D., Heslegrave, R. J., Young, M., & Quinn, R. P. (1995). The effects of dynavision rehabilitation on behind-the-wheel driving ability selected psychomotor abilities of persons after stroke. *American Journal of Occupational Therapy*, 49, 534–542. doi:10.5014/ajot.49.6.534
- Klavora, P., Gaskovski, P., Heslegrave, R. J., Quinn, R. P., & Young, M. (1995). Rehabilitation of visual skills using the dynavision: A single case experimental study. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 62(1), 37–43. doi:10.1177/000841749506200107
- Klavora, P., Gaskovski, P., & Forsyth, R. (1995). Test-retest reliability of three dynavision tasks. *Perceptual and Motor Skills*, 80, 607–610. doi:10.2466/pms.1995.80.2.607
- Lane, A. K., & Benoit, D. (2011). Driving, brain injury and assistive technology. *NeuroRehabilitation*, 28, 221–229. doi:10.3233/NRE-2011-0651
- Lee, J. H., Kim, J. A., Lee, B. S., Lee, J. H., Kim, B. S., Koo, J. H., & Kim, S. L. (2002). Development and clinical trial of driving simulator with virtual reality. *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, 26, 311–315.
- Marshall, S. C., Molnar, F., Man-Son-Hing, M., Blair, R., Brosseau, L., Finestone, H. M., & Wilson, K. G. (2007). Predictors of driving ability following stroke: A systematic review. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 14(1), 98–114. doi:10.1310/tsr1401-98
- Mazer, B. L., Sofer, S., Korner-Bitensky, N., Gelinis, I., Hanley, J., & Wood-Dauphinee, S. (2003). Effectiveness of a visual attention retraining program on the driving performance of clients with stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, 541–550. doi:10.1053/apmr.2003.50085
- Nourbakhsh, M. R., & Ottenbacher, K. J. (1994). The statistical analysis of single-subject data: A comparative examination. *Physical Therapy*, 74, 768–776.
- Platz, T., van Kaick, S., Mehrholz, J., Leidner, O., Eickhof, C., & Pohl, M. (2009). Best conventional therapy versus modular impairment-oriented training for arm paresis after stroke: A single-blind, multicenter randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23, 706–716. doi:10.1177/1545968309335974
- Roemaker, D. L., Cissell, G. M., Ball, K. K., Wadley, V. G., & Edwards, J. D. (2003). Speed-of-

- processing and driving simulator training result in improved driving performance. *Human Factors*, 45, 218–233. doi:10.1518/hfes.45.2.218.27241
- Systems Technology Incorporation. (2013). *STISIM Drive Software*. Retrieved from <http://www.stisimdrive.com/products/simulation-systems/m100-series>
- Thorpe, S., Fize, D., & Marlot, C. (1996). Speed of processing in the human visual system. *Nature*, 381, 520–522. doi:10.1038/381520a0
- Underwood, G., Chapman, P., Brocklehurst, N., Underwood, J., & Crundall, D. (2003). Visual attention while driving: Sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers. *Ergonomics*, 46, 629–646. doi:10.1080/0014013031000090116
- Vesia, M., Esposito, J., Prime, S. L., & Klavora, P. (2008). Correlations of selected psychomotor and visuomotor test with initial dynavision performance. *Perceptual and Motor Skills*, 107(1), 14–20. doi:10.2466/pms.107.1.14–20

Abstract

The Effect of Driving Simulator Training to Visual and Physical Response Speed in Patients of Strokes: A Single Case Study

Oh, Young-Ju*, M.P.H., O.T., Song, Ye-Won**, B.H.Sc., O.T.,
Lee, Jae-Shin***, Ph.D., O.T.

*Dept. of Occupational Therapy, Konyang University Hospital

**Dept. of Occupational Therapy, Yuseung Wellness Rehabilitation Hospital

***Dept. of Occupational Therapy, Konyang University

Objective : This study applied a driving simulator training to stroke patients to identify its effect on the speed of visual and physical response.

Methods : The study was conducted on three stroke patients for a total of 6 weeks. Of the study methodology, an AB design was used. During the study period, to each patient was applied 3 sessions for the baseline A, 15 sessions for the intermediate level making it a total of 18 sessions. During the baseline period only Dynavision was used to measure the visual and physical response speed of subjects, while during the intermediate period, Dynavision was conducted after a driving simulator training scenario randomly selected was applied for 30 minutes for three times a week. During the last sessions of baseline A and reassessment, a Trail Making Test (TMT) was carried out to verify the visual-motor processing speed.

Results : All subjects that had undergone driving simulator training showed a statistically significant improvement in the visual response speed. Physical response speeds all showed improvement, with subject 2 and subject 3 showing significant improvement. In the TMT all subjects had improved.

Conclusion : The application of a driving simulator brought improvement in the visual and physical response speeds of stroke patients and an improved visual-motor processing speed was also confirmed. Therefore, driving simulator training in stroke patients can be an effective mediation tool for safe driving, by identifying the risk factors in driving in advance and lowering the risk of traffic accidents.

Key words : Driving simulator training, Dynavision, Response speed, Stroke