신경재활치료과학 제5권 제2호
Therapeutic Science for Neurorehabilitation
Vol. 5, No. 2, 2016.

도로 주행 능력을 향상시키기 위한 운전재활의 체계적 고찰

박진혁[*], 허서윤[**], 서준[***], 박지혁[****]
[*]경복대학교 작업치료과
[**]인제대학교 일반대학원 작업치료학과
[***]시립서울장애인종합복지관
[****]연세대학교 보건과학대학 작업치료학과

국문초록

목적: 본 연구의 목적은 도로 주행 능력을 향상시키기 위한 운전재활의 방법과 효과에 대해 체계적 고찰을 통하여 추후에 있을 운전재활 연구의 방향을 제시하고자 한다.

연구방법: 2014년 12월부터 2015년 1월까지 운전재활에 관한 연구를 CINAHL, Embase, Pubmed, PsycINFO, Riss를 통하여 검색하였다. 선정기준에 따라 최종적으로 15편의 연구를 분석하였으며 주요 검색용어로는 "On-road" OR "Driving" AND "Driving rehabilitation"AND "Intervention"을 사용하였다.

결과: 고찰한 연구는 총 15개로 근거 수준은 Ⅰ, Ⅲ, Ⅴ이었다. 연구대상은 뇌졸중 환자(40.0%), 고령 운전자(20.0%), 외상성 뇌손상 환자(20.0%), 후천적 뇌손상 환자(13.3%), 척수환자(6.7%)였으며, 실제 도로 주행 능력을 향상시키기 위한 중재 방법은 시뮬레이터를 이용한 훈련(53.3%), 인지 기술을 훈련(26.6%), 운전을 위한 교육(6.7%), 보조 기기의 적용(6.7%), 운전 연수(6.7%)이었다. 중재 효과는 방법에 따라 차이가 있었지만 시뮬레이터를 이용한 모든 연구에서 중재 후 도로 주행 능력의 유의한 향상을 보고하였다.

결론: 도로 주행 능력을 향상시키기 위한 운전재활은 다양한 방법으로 적용되고 있었다. 특히 시뮬레이터를 이용한 중재는 많은 연구를 통해 효과가 입증되고 있었다. 추후 다양한 연구 대상자와 중재 방법을 통해 도로 주행 능력 향상을 위한 운전재활 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

주제어: 도로 주행, 운전재활, 체계적 고찰

Ⅰ. 서 론

운전을 포함한 지역사회의 이동은 수단적 일상생활 활동(Instrumental Activities of Daily Living)의 영역이며, 그 중에서도 운전은 개인에게 의미 있고 중요한 활동이다(AOTA, 2008; Adler & Rottunda,

교신저자 : 박지혁(otscientist@yonsei.ac.kr)
|| 접수일: 2016. 7. 1 || 심사일: 2016. 7. 19
|| 게재승인일: 2015. 8. 8

2006). 또한 운전은 사회적 관계를 지속하고 자율성과 독립성, 삶의 질에 많은 영향을 미친다(Regland, Satariano, & MacLeod, 2004).

운전을 안전하게 수행하기 위해서는 인지, 운동능력, 시각, 청력 및 실행능력이 필수적이다(David, 1993). 하지만 고령 운전자, 척수손상, 뇌졸중, 뇌손상 환자들은 운동능력이나 인지, 감각 및 의사소통 등 다양한 방면에 장애가 발생하기 때문에 안전한 운전을 하는데 문제가 생길 수 있다(Galski, Bruno, & Williams, 1997; Lundqvist, Gerdle, & Ronnberg, 2000; Sung, Chiu, Tsai, Cheng, & Chen, 2012). 게다가 장애 이후에 보조 기구를 장착하더라도 여전히 잠재적 위험 요소는 존재하기 마련이다(Croft & Jones, 1987).

위와 같은 이유로 운전을 중단하게 되면 삶의 큰 변화가 발생하며, 이동의 어려움과 같은 실제적인 불편을 느끼게 된다(Liddle, McKenna, & Bartlett, 2007). 또한 거리가 먼 곳의 사회적 활동 참여가 줄어들게 되고 운전을 하며 살던 이전의 삶에 비해 만족도가 떨어지게 된다(Innes, Jones, Anderson, Hollobon, & Dalrymple-Alford, 2009; Mezuk & Rebok, 2008). 따라서 많은 사람들은 운전면허를 유지하기를 원한다(Michon, 1985).

이러한 점에서 작업치료 영역에서 운전 능력을 평가하고 훈련하는 것은 개인이 독립적으로 기능적인 작업을 수행하는데 중요한 역할을 한다(Korner-Bitensky, Toal-Sullivan, & von Zweck, 2007). 일반적으로 운전재활을 의뢰받게 되면 작업치료사는 도로가 아닌 곳에서의 비 도로 주행 평가(Off-road test)와 도로에서의 도로 주행 평가(On-road)를 바탕으로 운전재활 이후에 안전하게 운전할 수 있을만한 대상자를 선별한다(Unsworth, 2007). 대상자들을 선별한 후, 하향식 접근방법 또는 상향식 접근방법을 사용하여 훈련을 진행한다(Hunt & Arbesman, 2008). 운전재활에서 하향식 접근방법은 차를 운전하는 모든 활동들을 이용한 훈련 방식을 뜻하며, 도로 주행 훈련이 이에 속한다. 이와 반대로 상향식 접근방법은 종이와 펜을 이용한 지각훈련(Sivak, Hill, Henson, Butler, Silber, & Olson, 1984), 시뮬레이터를 사용한 훈련(Cimolino & Balkovec, 1988), 시야 탐색 훈련(Crotty & George, 2009)과 같은 비 도로 훈련 방식을 뜻한다. 하지만 아직 어느 접근 방법이 가장 효과적인지는 불분명하다(Unsworth & Baker, 2014).

지금까지 운전능력을 향상시키기 위한 운전재활의 다양한 연구가 있었지만 중재 결과로써 비 도로 주행 평가만을 사용한 연구가 대다수이기 때문에 실제로 도로 주행 능력이 향상되었는지 알 수 없는 경우가 많다(Schultheis. Rebimbas, Mourant, & Millis, 2007). 따라서 본 연구는 중재 결과로 도로 주행 평가를 이용한 연구를 고찰하여 대상자의 특성 및 도로 주행 능력 향상을 위한 운전재활의 중재방법과 효과를 고찰하고 연구결과를 종합하여 추후 연구에 필요한 정보를 제공하고자 한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 자료 수집 및 분석대상

본 연구는 2014년 12월부터 2015년 1월까지 운전재활과 관련된 연구 동향을 분석하기 위해 CINAHL, Embase, Pubmed, Riss를 이용하여 자료를 수집하였다(Figure 1). 선행연구를 참고하여 주요 검색어로는 “On-road” OR “Driving” AND “Driving rehabilitation”AND “Intervention”을 사용하였다(Unsworth & Baker, 2014). 운전재활과 관련한 연구 중 도로 주행 평가를 실시한 연구로 범위를 한정했다.

본 연구의 선정기준을 바탕으로 2명의 연구자가 논문 제목과 초록 전문을 검토하였으며 총 15편의 연구가 선정되었다(Figure 1). 나머지 1명의 다른 연구 참여자는 선정된 연구의 정확성 및 누락 가능성에 대해 확인하였다.

1) 선정 기준

(1) 운전재활을 위한 중재를 시행한 연구
(2) 중재 이후 효과를 확인하기 위해 도로 주행 평가를 시행한 연구

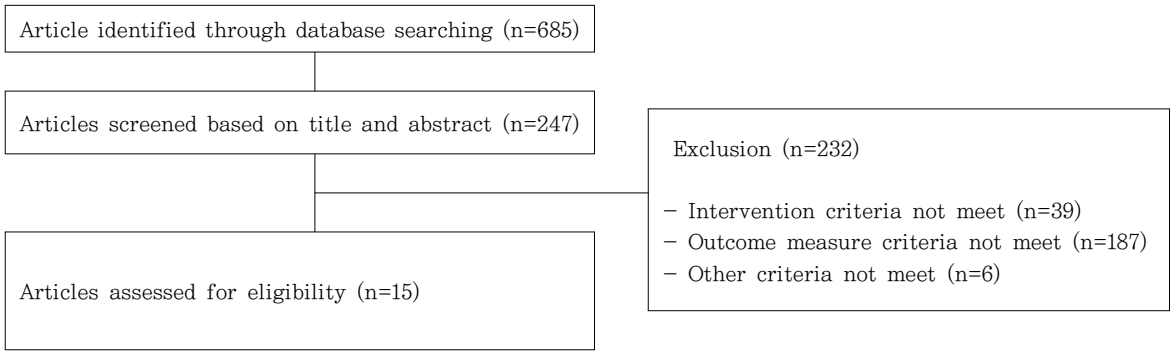

Figure 1. Flow diagram

(3) 원문보기 가능한 연구
(4) 영어나 한국어로 작성된 연구

2) 배제 기준
(1) 학위논문, 전문가적 의견을 기술한 논평
(2) 외과적인 수술이나 의학적인 처치가 사용된 연구
(3) 체계적 고찰 또는 메타분석 연구

2. 분석 방법

본 연구에서 최종적으로 선정된 15편의 연구에 대한 질적 평가를 위해 Arbesman 등(2008)이 개발한 근거기반 연구 수준을 5단계로 분석하는 분류표를 사용하였다. 또한 대상자수, 대상자 진단과 같은 대상자의 일반적인 특징과 중재 방법과 결과 등에 대한 연구 특징을 3명의 연구자가 부호화하여 체계적으로 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구의 근거 수준

반복적인 읽기와 분석을 통해 연구자 3명이 일치한 경우로 연구의 질적 수준 분류기준을 통해 연구의 질을 평가하였다. 전체 15편의 연구 중 1단계에 해당하는 무작위 임상실험설계가 7편(46.7%), 3단계에 해당하는 단일 집단 비무작위 연구가 6편이(40.0%), 마지막으로 5단계에 해당하는 사례연구가 2편(13.3%)이었다(Table 1).

Table 1. Quality of assessment of selected studies

Evidence level	Classification	Portion
Ⅰ	Systematic reviews	7(46.7%)
	Meta-analyses	
	Randomized controlled trials	
Ⅱ	Two groups non-randomized studies	-
Ⅲ	One group non-randomized studies	6(40.0%)
Ⅳ	Single-subject designs Surveys	-
Ⅴ	Case reports	2(13.3%)
	Narrative literature reviews	
	Qualitative research	

Table 2. Subjects types of selected studies

Subjects	Portion
Stroke	6(40.0%)
Older driver	3(20.0%)
Traumatic Brain Injury (TBI)	3(20.0%)
Acquired Brain Injury (TBI, Stroke, brain tumor)	2(13.3%)
Spinal Cord Injury (SCI)	1(6.7%)

2. 연구 대상자

모두 628명의 대상자가 15편의 연구를 통해 모집되었다. 대상자는 뇌졸중 환자, 고령 운전자, 외상성 뇌손상 환자, 후천적 뇌손상 환자, 척수손상 환자가 대상으로 포함되었다. 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구가 6편으로 가장 많았고 고령 운전자, 외상성 뇌손상, 후천적 뇌손상, 척수손상 순으로 많았다(Table 2, 3).

3. 도로 주행 능력 향상을 위한 중재 방법

15편의 연구 중 시뮬레이터를 이용한 연구 8편(53.3%), 인지 기술을 훈련한 연구 4편(%), 운전을 위한 교육을 시행한 연구 1편(%), 보조 기기를 적용한 연구 1편(6.7%), 운전 연수를 시행한 연구가 1편(6.7%)이었다. 중재 기간으로는 1회기 적용한 연구부터 6개월까지 적용한 연구도 있어 중재 기간은 다양한 것으로 나타났다(Table 3).

4. 중재효과

시뮬레이터를 이용한 8편 연구에서 중재 후 도로 주행 능력 평가에서 유의한 향상을 보였다. 인지 기술을 훈련한 4편의 연구에서는 다른 대조군과 유의한 차이를 보고하지 않은 연구 3편, 중재 후 유의한 향상을 보고한 연구 1편이었다. 운전을 위한 교육을 시행한 1편의 연구에서는 유의한 향상을 보이지 않았다. 보조 기기를 적용한 1편의 연구에서는 중재 후 독립적인 운전이 가능하였고 마지막으로 운전 연수를 시행한 연구 1편에서는 중재 후 유의한 향상을 보였다(Table 4).

Table 3. Classification of intervention type

Intervention type	Study	Evidence level	Portion
Driving simulator training	Akinwuntan et al. (2010)	I	8(53.3%)
	Cox et al. (2010)	I	
	Hitosugi et al. (2011)	III	
	Huchler et al. (2001)	III	
	Gamache et al. (2011)	V	
	Jacobs et al. (1997)	I	
	Roenker et al. (2003)	I	
	Sung et al. (2012)	III	
Cognitive skill training	Crotty et al. (2009)	I	4(26.6%)
	Mazer et al. (2003)	I	
	Klonoff et al. (2010)	III	
	Klavora et al. (1995)	III	
Off-road educational program	Bedard et al. (2004)	I	1(6.7%)
Assistive device	Anschutz et al. (2010)	V	1(6.7%)
Behind-the-wheel training	S derstr m et al. (2006)	III	1(6.7%)

Ⅳ. 고찰

본 연구에서는 도로 주행 능력을 향상시키기 위한 운전재활의 방법과 효과에 대한 체계적 고찰을 통해 국내 작업치료사들에게 운전재활을 통해 도로 주행 능력을 향상시키기 위해 제공해야 할 작업치료의 근거를 제공하고자 하였다. 본 고찰에서는 총 15편의 연구 분석을 통해 연구의 질적 수준, 연구 대상자의 특성, 중재 방법, 중재 효과에 대해 알아보았다.
총 15편의 연구 중 7편의 연구가 근거 수준Ⅰ에 해당하였고, 수준Ⅲ에 해당하는 연구는 6편, 수준Ⅴ에 해당하는 연구는 2편으로 나타났다. 수준Ⅰ에 해당하는 연구 중 시뮬레이터를 이용한 중재 연구가 가장 많아 시뮬레이터를 이용한 중재가 근거 수준이 가장 높은 것으로 나타났다. 반면에 보조 기기 적용에 관한 연구는 근거 수준이 높지 않아 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것이라 사료된다.

연구 대상자별 특징을 살펴보면, 총 15편의 연구 중 11편에서 뇌졸중 환자, 외상성 뇌손상 환자, 후천적 뇌손상 환자가 연구대상에 포함되어 주로 뇌손상 환자에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있었다. 뇌손상 환자의 경우 신체적인 문제뿐만 아니라 공통적으로 시각 장애를 보여 운전 수행능력에 문제가 나타날 수 있기 때문에 많은 연구에서 뇌손상 환자가 대상자에 포함되었다(Warren, 1993). 또한 고령 운전자도 4편의 연구에서 대상자에 포함되었는데 고령자의 경우에는 노화가 진행됨에 따라 신체적, 감각적, 인지적 능력의 문제가 발생하고 특히 시각 문제가 많이 발생하여 운전 수행능력이 저하되어 운전재활이 필요하기 때문이다(Persson, 1993). 이러한 결과는 안전한 운전을 수행하기 위해 시각 기능에 대한 중재가 필요하다는 사실을 뒷받침하고 있다(Bao & Boyle, 2009).

도로 주행 능력을 향상시키기 위해 사용한 중재 방법을 크게 나누면 시뮬레이터를 이용한 훈련, 인지 기술 훈련, 운전자 교육, 보조 기기 적용, 운전 연수가 있었다. 이 중 시뮬레이터를 이용한 훈련이 가장 많았으며, 중재 후 도로 주행 능력의 유의한 향상이 모든 연구에서 보고되었다. 시뮬레이터를 이용한 훈련은 조향장치, 브레이크와 가속 페달 등 실제 자동차와 똑같은 조작 장치를 제공하고 교통신호, 도로 등 실제 교통상황을 반영한 가상현실에서 운전재활을 할 수 있도록 한다(Akinwuntan et al, 2005). 실제로 시뮬레이터를 이용한 훈련과 관련된 연구를 보면, 상황 인식 능력, 위험 회피 능력, 시각적 주의력, 시각 반응 속도의 향상을 통해 운전 기술이 향상 된다고 하였다(Devos et al., 2010). 반면, 인지 기술 훈련은 주로 시각 주의력 향상에 초점을 맞추고 있었는데, 4편의 연구 중 1편에서만 중재 후 도로 주행 능력의 유의한 향상을 보고하였다. 이런 결과는 시각 주의력에 대한 중재만으로 도로 주행 능력 향상을 기대하기 힘들다는 기존의 연구 결과와 일치하는데, 이는 시각 주의력 뿐만 아니라 신체능력이나 다른 인지요소가 도로 주행 능력에 있어서 많은 영향을 미치기 때문이다(Ladavas, Menghini, & Umilta, 1994; van Zomeren & Brouwer, 1994). 운전자 교육을 시행한 연구에서는 안전운전에 관한 교육을 2회 동안 3시간동안 진행하였는데 중재 후 실험군과 대조군에서 유의한 차이를 보이지 았았다. 이는 단기간의 교육만으로는 도로 주행 능력 향상을 기대할 수 없음을 의미한다. 보조 기기를 적용한 연구에서는 전자 운전 코치라고 불리는 음성 출력 기기를 사용하였다. 이 기기는 집중력, 순서화에 손상이 있는 환자에게 지속적인 음성 피드백을 제공하여 정상적인 운전이 가능하도록 하는데, 이 기기를 자동차에 장착하고 6개월 훈련한 뒤 독립적인 운전이 가능하였다. 하지만 이 기기는 외상성 뇌손상 환자에게 적용된 것으로 만약 이 기기를 편마비 뇌졸중 환자에게 적용할 경우, 편마비 환자는 한손으로 운전대를 조작하고 운전을 하기 때문에 조작과 동시에 버튼 사용이 어려운 측면이 있어 추후 보조 기기의 수정을 통해 적용할 필요가 있을 것이다. 운전 연수를 실시한 연구에서는 도로 주행 평가 중에 나타난 문제점들에 대해 직접 운전을 하면서 그 문제점에 대해 교육을 실시하였다. 중재 후 정상 대조군들과 비교해 문제없이 도로 주행 평가를 통과할 수 있었는데, 이는 직접 운전을 하면서 대

상자 스스로 문제 상황을 인식하고 그 문제 상황에 대한 대처 행동을 할 수 있도록 하여 운전 행동을 수정하기 때문이라고 하였다. 하지만 운전 연수를 통한 중재의 특이점으로 각 나라마다 법규가 상이하여 작업치료사가 시도하지 못하는 국가가 많았다는 것이다(Agnelli, 2009; Odenheimer, 2006; Wang, Kosinski, Schwarzberg, & Shanklin, 2003).

본 연구에서 고찰한 15편의 모든 연구에서 중재효과를 확인하기 위해 도로 주행 평가를 시행하였다. 현재 운전재활을 위한 국내의 연구를 살펴보면 중재효과를 알아보기 위해 시각 기술 평가나 운전 시뮬레이터를 이용한 평가와 같은 비 도로 주행 평가만을 이용하고 있었다(Oh, Song, & Lee, 2015; Yang et al., 2009; Lim, Park, & Choi, 2011). 국내에서 운전재활의 효과를 확인하기 위해 비 도로 주행 평가만을 이용하는 이유를 살펴보면, 지금까지 국내에서는 장애인 운전 전문 교육기관이 부족하였고 관련 전문가 집단이 많이 없었기 때문이라 할 수 있다(Woo, Ku, Cho, & Jung, 2011), 미국, 캐나다, 호주와 같은 경우에는 작업치료사들이 직접 다양한 중재를 실시한 후 도로 주행 평가까지 병행하고 있는 반면(Di Stefano & Macdonald, 2010; Korner-Bitensky et al., 2006), 국내와 같이 비 도로 주행 평가만을 실시하는 경우에는 운전재활의 효과를 확인하는데 근본적인 제한이 있다. 운전재활이 작업치료의 중요한 영역임을 감안할 때 국내에서도 제도적인 뒷받침을 통해 운전재활전문가를 지속적으로 양성하여 도로 주행 평가를 활성화해야 할 것이다.

고찰 결과, 시뮬레이터를 이용한 훈련뿐만 아니라 다른 중재 방법들도 약간의 차이는 있지만 도로 주행 능력 향상에 영향을 미쳤다. 따라서 기존의 효과가 입증된 시뮬레이터를 이용한 훈련에 다른 중재 방법을 결합하여 같이 시행한다면 그 효과를 더욱 극대화할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구의 제한점으로는 일부 연구에서 중재 전, 후의 평가 값에 대한 자세한 내용이 부족하거나 각 중재의 빈도, 기간이 일치되지 않아 각 중재 방법에 대한 메타분석을 시행하지 못하였다는 점이다. 또한 각 연구의 근거 수준에 차이가 있어 중재효과에 대해 동일하게 해석하기에 제한이 있었다는 점이다. 추후에는 국외뿐만 아니라 국내에서도 운전재활을 위해 다양한 대상자와 중재 방법을 통해 연구를 진행하여 운전재활의 근거를 마련해야 할 필요가 있을 것이며, 운전재활 효과를 확인하기 위하여 도로 주행 평가를 실시할 수 있도록 발전해 나아가야 할 것이다.

Ⅴ. 결론

본 연구는 도로 주행 능력을 향상시키기 위한 운전재활에 대해 알아보기 위해 총 15편의 연구에 대해 체계적 고찰을 실시하여 연구 근거 수준, 연구 대상자, 중재 방법, 중재의 효과를 알아보았다. 15편의 연구는 근거 수준 Ⅰ, Ⅲ, Ⅴ에 해당하였으며, 근거 수준Ⅰ에 해당하는 연구가 가장 많았다. 운전재활의 대상자는 뇌졸중 환자, 외상성 뇌손상 환자를 포함한 뇌손상 환자와 고령 운전자가 대부분이었으며, 다양한 방법을 통해 운전재활이 이루어지고 있었다. 특히 시뮬레이터를 이용한 훈련이 가장 많았으며 해당 연구의 근거수준도 높았다. 중재 방법에 따라 도로 주행 능력 향상에 차이가 있었지만 시뮬레이터를 이용한 훈련은 8편의 모든 연구에서 도로 주행 평가에서 유의한 향상을 보고하였다. 추후 국내에서도 도로 주행 평가를 실시하는 연구를 실시하여 운전재활의 근거를 지속적으로 마련해야 할 것이다.

References

Adler, G., & Rottunda, S. (2006). Older adults' perspectives on driving cessation. *Journal of Aging Studies, 20*(3), 227-235. doi:10.1016/j.jaging.2005.09.003

Agnelli, A. (2009). On-and off-road evaluation. In: Schultheis M. T., DeLuca, J., Chute, D. L., eds. *Handbook for the assessment of driving capacity*. San Diego, CA: Academic Press;

5-20.

Akinwuntan, A. E., Devos, H., Verheyden, G., Baten, G., Kiekens, C., Feys, H., … De Weerdt, W. (2010). Retraining moderately impaired stroke survivors in driving-related visual attention skills. *Topics in Stroke Rehabilitation, 17*(5), 328-336. doi: 10.1310/tsr1705-328

Akinwuntan, A. E., De Weerdt, 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*(6), 843-850. doi:10.1212/01.wnl.0000171749.71919.fa

Anschutz, J. R., Luther-Krug, M., & Seel, R. T. (2010). A verbal cuing device for persons with brain injury: development and proof-of-concept case study. *Topic in Stroke Rehabilitation, 17*(5), 337-344. doi:10.1310/tsr1705-337

American Occupational Therapy Association. (2008). Occupational therapy practice framework: Domain and process (2nd ed.). *American Journal of Occupational Therapy, 62*, 625-638. doi:10.5014/ajot.62.6.625

Arbesman, M., Scheer, J., & Lieberman, D. (2008). Using AOTA's Critically Appraised Topic(CAT) and Critically Appraised Paper(CAP) series to link evidence to practice. *Occupational Therapy Practice, 13*(5), 18-22.

Bao, S., & Boyle, L. N. (2009). Age-related differences in visual scanning at median-divided highway intersections in rural areas. *Accident Analysis and Prevention, 41*, 146-152. doi:10.1016/j.aap.2008.10.007

Bedard, M., Isherwood, I., Moore, E., Gibbons, C., & Lindstrom, W. (2004). Evaluation of a re-training program for older drivers. *Canadian Journal of Public Health, 95*(4), 295-298.

Cimolino, N., & Balkovec, D. (1988). The contribution of a driving simulator in the driving evaluation of stroke and disabled adolescent clients. *Canadian Journal of Occupational Therapy, 55,* 119-125. doi: 10.1177/000841748805500304

Cox, D. J., Davis, M., Singh, H., Barbour, B., Nidiffer, F. D., Trudel, T., … Moncrief, R. (2010). Driving rehabilitation for military personnel recovering from traumatic brain injury using virtual reality driving simulation: a feasibility study. *Military Medicine, 175*(6), 411-416. doi:10.7205/MILMED-D-09-00081

Croft, D., & Jones, R. D. (1987). The value of off-road tests in the assessment of driving potential of unlicensed disabled people. *British Journal of Occupational Therapy, 50*, 357-361. doi: 10.1177/030802268705001017

Crotty, M., & George, S. (2009). Retraining visual processing skills to improve driving ability after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 90*(12), 2096-2102. doi:10.1016/j.apmr.2009.08.143

David, B. C. (1993). Assessing older drivers for physical cognitive impairment. *Geriatrics, 48*(1), 46-48.

Devos, H., Akinwutan, A, E., Nieuwboer, A., Ringoot, I., Van Berghen, K., Tant, M., … De Weerdt, W. (2010). Effect of simulator training on fitness-to-drive after stroke: A 5-year follow-up of a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation & Neural Repair, 24*(9), 843-850. doi: 10.1177/1545968310368687

Di Stefano, M., & Macdonald, W. (2010). Australian occupational therapy driver assessors' opinions on improving on-road driver assessment procedures. *American Journal of Occupational Therapy, 64*(2), 325-335. doi:10.5014/ajot.64.2.325

Galski, T., Bruno, L. R., & Williams, J. B. (1997). Off road driving evaluations for persons with cerebral injury: A factor analytic study of predriver and simulator testing. *American Journal of Occupational Therapy, 51*, 352-359. doi:10.5014/ajot.51.5.352

Gamache, P. L., Lavalliere, M., Tremblay, M., Simoneau, M., & Teasdale, N. (2011). In-simulator training of driving abilities in a person with a traumatic brain injury. *Brain Injury, 25*(4), 416-425. doi:10.3109/02699052.2011.558039

Hitosugi, M., Takehara, I., Watanabe, S., Hayashi, Y., & Tokudome, S. (2011). Support for stroke patients in resumption of driving: patients survey and driving simulator trial. *International Journal of General Medicine, 4*, 191-195. doi:10.2147/IJGM.S17475

Huchler, S., J rg, A., Golz, D., K st, J., Netz, J., H mberg, V., & Karbe, H. (2001). Evaluation of driving simulation. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 37*(4), 283-289.

Hunt, L. A., & Arbesman, M. (2008). Evidence-based and occupational perspective of driving performance. *American Journal of Occupational Therapy, 62*(2), 136-148. doi:10.5014/ajot.62.2.136

Innes, C. R. H., Jones, R. D., Anderson, T. J., Hollobon, S. G., & Dalrymple-Alford, J. C. (2009). Performance in normal subjects on a novel battery of driving-related sensory-motor and cognitive tests. *Behavior Research Methods, 41*, 284-294. doi:10.3758/BRM.41.2.284

Jacobs, K., Jennings, L., Forman, M., Benjamin, J., Dipanfilo, K., & Laplante, M. (1997). The use of participation-oriented education in the rehabilitation of driving skills in older adults. *Work, 8*(3), 281-291. doi:3233/WOR-1997-8308

Klavora, P., Gaskovski, P., Martin, K., Forsyth, R. D., Hesleqrave, R. J., Young, M., & Quinn, R. P. (1995). The effects of Dynavision rehabilitation on behind-the-wheel driving ability and selected psychomotor abilities of persons after stroke. *American Journal of Occupational Therapy, 49*(6), 534-542. doi:10.5014/ajot.49.6.534

Klonoff, P. S., Olson, K. C., Talley, M, C., Husk, K. L., Myles, S. M., Gehrels, J. A., & Dawson, L. K. (2010). The relationship of cognitive retraining to neurological patients' driving status: the role of process variables and compensation training. *Brain Injury, 24*(2), 63-73. doi:10.3109/02699050903512863

Korner-Bitensky, N., Bitensky, J., Sofer, S., Man-Son-Hing, M., & Gelinas, I. (2006). Driving evaluation practices of clinicians working in the United States and Canada. *American Journal of Occupational Therapy, 60*(4), 428-434.

Korner-Bitensky, N., Toal-Sullivan, D., & Von Zweck, C. (2007). Driving and older adults: A focus on assessment by occupational therapists. O*ccupational Therapy Now, 9*(5), 10-12.

Ladavas, E., Menghini, E., & Umilta, C. (1994). A rehabilitation study of hemispatial neglect. *Cognitive Neuropsychology, 11*, 75-95.

Liddle, J., McKenna, K., & Bartlett, H. (2007). Improving outcomes for older retired drivers: The QEDRIVE program. *Australian Occupational Therapy Journal, 54*(4), 303-306. doi:10.1111/j.1440-1630.2006.00614.x

Lim, M. H., Park, S. W., & Choi, E, S. (2011). Assessment for driving of people with brain

injury. *Journal of Korean Society of Occupational Therapy, 19*(4), 41-50.

Lundqvist, A., Gerdle, B., & Ronnberg. J. (2000). Neuropsychological aspects of driving after a stroke-in the simulator and on the road. *Applied Cognitive Psychology, 14*, 135-150. doi:10.1002/(SICI)1099-0702(200003/04)14:2

Mazer, B. L., Sofer, S., Komer-Bitensky, N., Gelinas, 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*(4), 541-550. doi:10.1053/apmr.2003.50085

Mezuk, B., & Rebok, G. W. (2008). Social integration and social support among older adults following driving cessation. *Journal of Gerotology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 63*, S298-S303. doi: 10.1093/geronb/63.5.S298

Michon, J. A. (1985). A critical view of driver behaviour models: what do we know, what should we do? In: L. Evans, & R. C. Schwing (Eds.), *Human Behaviour and Traffic Safety (pp. 485-520)*. New York, NY: Plenum Press.

Odenheimer, G. L. (2006). Driving safety in older adults. The physician's role in assessing driving skills of older patients. *Geriatrics, 61*(10), 14-21.

Oh, Y. J., Song, Y. W., & Lee, J. S. (2015). The effect of driving simulator training to visual and physical response speed in patients of strokes: A single case study. *ournal of Korean Society of Occupational Therapy, 23*(4), 75-86. doi:10.14519/jksot.2015.23.4.06

Persson, D. (1993). The elderly driver: Deciding when to stop. *Journals of Gerentology Psychological Science, 33*(1), 88-91. doi:10.1093.geront.33.1.88

Regland, D. R., Satariano, W. A., & MacLeod, K. E. (2004). Reasons given by older people for limitations or avoidance of driving. *Gerontologist, 44*, 237-244. doi:10.1093/geront/44.2.237

Roenker, 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*(2), 218-233. doi: 10.1518/hfes.45.2.218.27241

Schultheis, M. T., Rebimbas, J., Mourant, R., & Millis, S. R. (2007). Examining the usabiliity of a virtual reality driving simulator. *Assistive Technology, 19*(1), 1-8.

Sivak, M., Hill, C. S., Henson, D. L., Butler, B. P., Silber, S. M., & Olson, P. L. (1984). Improved driving performance following perceptual training in persons with brain damage. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 62*, 476-483.

Söderström, S. T., Pettersson, R. P., & Leppert, J. (2006). Prediction of driving ability after stroke and the effect of behind-the-wheel training. *Scandinavian Journal of Psychology, 47*(5), 419-429. doi:10.1111/j.1467-9450.2006.00550.x

Sung, W. H., Chiu, T. Y., Tsai, W. W., Cheng, H., & Chen, J. J. (2012). The effect of virtual reality-enhanced driving protocol in patients following spinal cord injury. *Journal of the Chinese Medical Association, 75*(11), 600-605. doi:10.1016/j.jcma.2012.08.004

Unsworth, C. A. (2007). Development and current status of occupational therapy driver assessment and rehabilitation in Victoria, Australia. *Australian Occupational Therapy Journal,*

54(2), 153-156. doi:10.1111/j.1440-1630.2006.00617.x

Unsworth, C. A., & Baker, A. (2014). Driver rehabilitation: A systematic review of the types and effectiveness of interventions used by occupational therapists to improve on-road fitness-to-drive. *Accident Analysis and Prevention, 71*, 106-114. doi:10.1016/j.aap.2014.04.017

van Zomeren, A. H., & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. New York: Oxford University Press.

Wang, C. C., Kosinski, C. J., Schwarzberg, J. G., & Shanklin, A. V. (2003). *Physician's guide to assessing and counselling older drivers*. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.

Warren, M. (1993). A hierarchial model for evaluation and treatment of visual perceptual dysfunction in adult acquired brain injury, part 1. *American Journal of Occupational Therapy, 47*, 42-54. doi:10.5014/ajot.47.1.42

Woo, H. S., Ku, I. S., Cho, D. Y., & Jung, M. Y. (2011). The recognition and the necessity of occupational therapists in Korea on the driving rehabilitation. *The Journal of Korean Society of Assistive Technology, 3*(1), 43-52.

Yang, H. C., Park, S. W., Jang, S. J., Kim, K. M., Park, C. W., Kim, J. H., … & Lee, Y. S. (2009). Rehabilitation of drivers with brain injruy using virtual reality based driving simulator. *Annals of Rehabilitation Medicine, 33*(3), 271-275.

Table 4. Analysis of driving rehabilitation

Study	Population	Intervention	Outcome
Sung et al., (2012)	n=12; spinal cord injury; level below C6	Pre-post test: driving simulator training Duration: each session lasted 30 mins, 2 sessions per a week for 1.5 months	There were significantly improved results on the on-road assessment from pre-test to post-test
Gamache et al., (2011)	n=1; traumatic brain injury	Case study: driving simulator training Duration: 25 sessions over a 4 month period; time of each session was not stated	Subject showed a significant improvement in on-road assessment
Hitosugi et al., (2011)	n=24; stroke	Case control design: driving simulator training Duration: one stand-alone session, time of the session was no stated	There were significantly improved results on the on-road assessment from pre-test to post-test
Anschutz et al., (2010)	n=1; traumatic brain injury	Case study/Pre-post test: assistive device(verbal cuing device) Duration: 6 months of intervention. frequency and duration of the re-training sessions was not specified	Subject was cleared to return to driving using the verbal cuing device after 6 months of intervention.
Cox et al., (2010)	n=11; traumatic brain injury	Randomized controlled trial: intervention group(driving simulator training) vs control group(conventional rehabilitation) Duration: intervention group(60~90 mins driving simulation training) vs control group(no additional intervention)	On-road driving performance significantly improved in the intervention group only
Klonoff et al., (2010)	n=103; acquired brain injury(traumatic brain injury, stroke, tumor)	Pre-post test: cognitive skill training(paper & pencil tasks) Duration: 2 sessions per week for a specified number of trials per task	There were significantly improved results on the on-road assessment from pre-test to post-test
Crotty et al., (2009)	n=26; stroke	Randomized controlled trial: intervention group(cognitive skill traning using Dynavision) vs control group(nil intervention) Duration: intervention group(3 sessions per week for 6 weeks; time of each session was not stated) vs control group(nil intervention)	There were no significant differences between the intervention group and control group in on-road assessment

Table 4. Analysis of driving rehabilitation (Cont.)

Study	Population	Intervention	Outcome
Roenker et al., (2003)	n=104; older drivers (ages ≥ 55)	Randomized controlled trial: intervention group(driving simulator training) vs control group(nil intervention) Duration: intervention group(4.5 hours) vs control group(nil intervention)	Intervention group showed significantly better improvement than control group with respect to on-road assessment
Huchler et al., (2001)	n=36: acquired brain injury (traumatic brain injury, stroke, tumor)	Pre-post test: driving simulator training Duration: 90 mins	There were significantly improved results on the on-road assessment from pre-test to post-test
Jacobs et al., (1997)	n=21; older drivers (ages ≥ 55)	Randomized controlled trial: intervention group(driving simulator training) vs control group 1(educational film only) vs control group 2(nil intervention) Duration: intervention group(2 hours for simulator) vs control 1(1 hour for educational film) vs control 2(nil intervention)	Intervention group showed significantly better improvement than both control 1 and control 2 group with respect to on-road assessment
Klavora et al., (1995)	n=10; stroke	Pre-post test: cognitive skill training(dynavision) Time: 6 weeks of training, 3 sessions per week of 20 mins	There were significantly improved results on the on-road assessment from pre-test to post-test
Söderström et al.,(2006)	n=34; stroke	Pre-post test: behind-the-wheel training Duration: the maximum of 12 practice hours	There were significantly improved results on the on-road assessment from pre-test to post-test
Akinwuntan et al., (2005)	n=83; stroke	Randomized controlled trial: intervention group(driving simulator training) vs control group(cognivtive skill training) Duration: 1 hour a day, 3 times a week for 5 weeks	Intervention group showed better improvement than the controls in the on-road assessment
Bedard et al., (2004)	n=65; older driver (ages≥ 55)	Randomized controlled trial: intervention group(off-road educational program) vs control group(nil intervention) Duration: intervention group(two education sessions of 3 hours) vs control(nil intervention)	There were no significant differences between the intervention group and control group in on-road assessment
Mazer et al., (2003)	n=97; stroke	Randomized controlled trial: intervention group(cognitive skill training(useful field of View) vs control group(conventional visuo-perception treatment) Duration: 20 sessions; each session lasted 30~60 mins	There were no significant differences between the intervention group and control group in on-road assessment

Abstract

Systematic Review of Driving Rehabilitation for Improving On-Road Driving

Park, Jin-Hyuck[*], M.P.H., O.T., Heo, Seo-Yoon[**], M.P.H., O.T.,
Seo, Jun[***], B.H.Sc., O.T., Park, Ji-Hyuk[****], Ph.D., O.T.

[*]Dept. of Occupational Therapy, Kyungbok University
[**]Dept. of Occupational Therapy, Graduate School, Inje University
[***]Dept. of Occupational Therapy, Seoul Community Rehabilitation Center
[****]Dept. of Occupational Therapy, College of Health Science, Yonsei University

Objective: The aim of this study was to identify the driving rehabilitation for on-road driving through a systematic review.

Methods: We systematically examined papers published in journals from December 2014 to January 2015, using CINAH, Embase, Pubmed, PsycINFO, and The Cochrane Library. Eventually, 15 studies were included in the analyses.

Results: The evidence of 15 studies was from levels Ⅰ, Ⅲ, and Ⅴ. The subjects included in the analyses were patients with stroke(40.0%), older driver(20.0%), traumatic brain injury(20.0%), acquired brain injury(13.3%) and spinal cord injury(6.7%). The intervention types were driving simulator training(53.3%), cognitive skills training(26.6%), off-road educational training(6.7%), adaptation of assistive device(6.7%), and behind-the-wheel training(6.7%). The effects of driving rehabilitation were different depending on the types of intervention. However, driving simulator training showed significant improvement of on-road assessments in all studies included this study.

Conclusions: Driving rehabilitation for on-road driving has been used in various types. Specially, the effect of the driving simulator training has been proved by many studies. Future studies are to be required with client from a range of diagnostic groups to establish evidence-based interventions and determine their effectiveness in improving on-road driving.

Key Words: Driving rehabilitation, On-road, Systematic review