

운전 재활

명지춘혜병원 재활의학과

박 시 운

Driver Rehabilitation

Si-Woon Park, M.D., MSCR

Department of Rehabilitation Medicine, Myongji Choonbey Rehabilitation Hospital

Driver rehabilitation is a component of rehabilitation medicine that specifically focuses on the evaluation and retraining of drivers who have medical conditions that may affect driving capacity. Automobile driving is an instrumental activity of daily living and driver rehabilitation needs a comprehensive approach guided by rehabilitation specialist. Drivers who need evaluation include brain damaged drivers, such as stroke and traumatic brain injury; older drivers, especially those who are suspicious as having dementia; and drivers with psychiatric illnesses. Driver evaluation is constituted of pre-driving (in-clinic) evaluation and behind-the-wheel evaluation. In-clinic evaluation includes history taking and physical examination that focuses on visual, motor and cognitive function. Details of in-clinic evaluation are discussed. Driving performance can be evaluated during simulated or on-road driving or both. Driver retraining can also be done using driving simulator or real automobile equipped with adaptive devices. It is predicted that increasing aged population raises the need for driver evaluation and rehabilitation in the near future. Concerns and participation for rehabilitation specialists in driver rehabilitation is requested. (**Brain & NeuroRehabilitation 2011; 4: 73-82**)

Key Words: automobile driving, driver examination, rehabilitation

서 론

재활의학은 환자의 기능적 회복에 초점을 두고 장애를 가진 개인의 일상생활 동작 수행의 독립성 증진과 사회 활동으로의 복귀를 강조한다. 현대사회에서 자동차 운전은 일상생활과 사회 활동에서 매우 중요한 비중을 차지하고 있으며, 자동차 운전도 하나의 도구적 일상생활 동작의 하나라고 할 수 있다. 운전 재활이란 자동차 운전에 영향을 주는 의학적 문제를 가진 개인의 운전 능력을 평가하고 재훈련 하는데 초점을 두고 있는 재활의학의 한 분야이다.¹ 안전 운전에는 시력, 운동기능, 인지기능, 동반질환, 보조공학기술 및 사회경제적 요인이 모두 영향을 줄 수 있다. 따라서 운전 재활에 있어서도 질병뿐 아니라 신체적, 정신적, 사회적 기능의 평가와 재활, 그리고 보조공학

기술의 적용 등 재활의학의 포괄적 접근이 요구된다. 본 종설에서는 신경재활 분야에서 중요한 사회적 이슈의 하나인 운전 재활에 대한 개괄적 소개를 목적으로, 운전 적성, 운전 평가의 대상, 운전 평가 방법, 그리고 운전 재훈련에 대해 다루고자 한다.

본 론

1) 운전 적성(Driving fitness)

안전운전을 위해 필요한 적성의 기준은 도로교통법에 명기되어 있다. 도로교통법 시행령 제45조(Appendix. 1)에는 자동차 등의 운전엔 필요한 적성의 기준이 나열되어 있는데, 시력, 색각, 청력, 그리고 기타 신체 또는 정신상의 장애에 대해 언급하고 있다. 시력은 교정시력을 포함하여 제1종 면허의 경우 0.8 이상, 제2종 면허의 경우 0.6 이상이어야 한다. 색각은 적색, 녹색, 황색의 식별이 가능하여야 한다. 청력은 1종 면허에 한하는데, 55데시벨의 소리를 들을 수 있어야 한다. 그 밖에는 정상적인 운전 조작을 할 수 없다고 인정되는 신체 또는 정신상의 장애가 없

교신저자: 박시운, 서울시 영등포구 대림3동 782-3

☎ 150-760, 명지춘혜병원 재활의학과

Tel: 02-3284-7777, Fax: 02-3284-7888

E-mail: seanspark05@yahoo.co.kr

여야 한다는 전반적인 언급만 있을 뿐이며, 보조수단을 이용하는 경우는 예외로 한다. 이와 같은 법적인 기준은 일반인들을 대상으로 한 최소한의 적성 기준이라고 할 수 있으며, 신체적, 인지적 장애가 의심되는 운전자들의 적성을 평가하는데 충분한 기준은 아니다. 의학적으로 운전 적성을 평가하기 위해서 중요한 것은 시각 기능, 운동 및 감각 기능, 그리고 인지-지각 기능이다.

(1) 시각 기능(Vision)

운전능력에 영향을 주는 시각 기능들로는 시력(visual acuity), 색깔(color perception), 깊이 감각(depth perception), 시각 융합(fusion), 야간시력(night vision), 섬광시력(glare vision), 시각 추적(visual tracking/pursuits), 신속운동(saccades), 시야(visual field) 등이 있다.

(2) 운동 및 감각 기능(Motor & sensation)

운전능력에 영향을 주는 운동 기능들로는 목과 사지의 관절가동역, 앉은 자세 균형, 근긴장도의 이상, 떨림(tremor), 경련수축(spasm), 근력과 오른쪽 발목의 조절능력 등이 있다. 운전능력에 영향을 주는 감각 기능은 고유 감각(proprioception)과 운동감각(kinesthesia), 손의 촉각, 발바닥의 압력감각 등이다.

(3) 인지-지각 기능(Cognitive-perceptual skills)

운전에 필요한 인지-지각 기능은 Michon의 계층적 모델에 따라 3단계로 나누어 볼 수 있다.² 가장 고위 단계인 전략적 수준(strategical level)은 실제 운전에서 앞서 교통상황이나 날씨 등을 고려하여 결정을 내리는 단계이다. 중간 단계인 전술적 수준(tactical level)은 운전 중의 행동과 결정들로서, 속도 조절하기, 전조등 켜기, 추월 여부를 결정하기 등이 해당된다. 하위 단계인 조작적 수준(operational level)은 운전 중의 상황을 감지하기, 거울 사용하기, 핸들링, 위험상황에 대처하기 등이 해당된다.

안전 운전에서 가장 중요한 부분은 인지-지각 기능이라고 할 수 있다. 하지만 인지-지각 기능은 평가가 쉽지 않아서 일반인들의 면허 시험에서는 간과되기가 쉽고 이에 관한 법적 규정도 마련되어 있지 않다. 교통사고의 인적 요인을 살펴보자면, 지각기능과 정보처리가 안전 운전에서 대단히 중요한 부분이며, 주사(scanning), 추적(tracking), 전경-배경 분리능력(figure-ground discrimination)이 주의 집중과 반응에 매우 중요한 부분이다. 주의(attention), 지각(perception), 정보처리(information processing)의 오류가 교통사고의 90~95%의 원인을 제공한다.³

2) 위험한 운전자들(Drivers at risk): 운전능력 평가의 대상

앞서 살펴본 안전 운전을 위한 필수 기능인 시각 기능,

운동 및 감각 기능, 인지-지각 기능에 문제가 의심되는 운전자는 운전능력 평가의 대상이 된다. 시각 기능과 운동 기능은 문제점을 파악하기가 쉽고 대부분의 경우 운전자 자신이 문제를 인식하고 있으며, 따라서 운전 재할에 있어서 운전의 영향을 주는 문제들을 평가한 후 적절한 보조공학기술을 개발하고 적용하는 것이 주안점이 된다. 반면 인지-지각 기능은 쉽게 드러나지 않고 운전자 자신은 자신의 문제를 인식하지 못하는 경우가 많아서 가족들에 의해 검사가 의뢰되는 경우가 많으며, 인지 기능의 이상이 의심되는 경우에는 운전능력을 평가하고 운전 가능 여부에 대한 적절한 판정을 내려주는 것이 중요하다. 병원의 운전 평가 클리닉에 의뢰되는 주요 범주로는 뇌손상 장애인, 노인, 그리고 정신질환자 등이 있다.

(1) 뇌 손상을 받은 운전자들(Brain damaged drivers)

뇌손상은 안전 운전에서 필요한 기능들 중 여러 부문에 영향을 미친다. 뇌손상은 고위 인지 기능과 기억력, 학습 능력 등에 영향을 미치며, 운동 기능과 균형 및 조절 능력에도 영향을 미친다. 또한 체성감각과 시각에도 영향을 미칠 수 있고 편측 시각 무시를 유발하기도 한다. 그 외에 뇌손상에 의해 발생하는 언어 장애, 통증 등도 운전의 영향을 미칠 수 있다.⁴ 국립재활원에서 시행한 장애인 운전 훈련 프로그램에 대한 조사⁵에 따르면 외상성 뇌손상, 뇌성마비, 뇌졸중 등 뇌손상 장애인들이 척수손상, 소아마비, 절단 등 지체 장애인들에 비해 운전 훈련 후 면허 시험 합격률이 유의하게 낮았다.

외상성 뇌손상 이후 운전 복귀 가능한 운전자는 대략 반 정도 되는 것으로 알려져 있다. 운전 면허 갱신에 실패하는 경우와 관련된 요인들은 1개월 이상 지속되는 외상 후 기억상실(posttraumatic amnesia), 지각기능과 판단력의 심각한 장애 등이다. 만일 적절한 운전 평가를 받지 않고 면허 갱신의 절차 없이 운전을 재개한다면 안전 운전의 위험 요인들을 지닌 채로 운전을 하게 되는 셈이다. 외상성 뇌손상 이후 포괄적인 운전 평가를 받고 성공적으로 운전에서 복귀한 운전자들은 자신의 신체적 기능의 변화를 자각하고 보상적인 전략들을 사용하는 능력을 구비하게 되며 외상성 뇌손상을 경험하지 않은 운전자들과 운전 행태의 특별한 차이를 보이지 않는다.⁶

뇌졸중 이후에 운전으로 복귀하는 운전자는 약 30~50%에 달하는 것으로 조사되어 있다.⁷ 뇌졸중 후 복귀한 운전자들도 좌회전, 고속도로 운전, 복잡한 도로 상황에서의 운전 등 다양한 운전 환경에 따르는 어려움을 자각하고 있으며, 그럼에도 불구하고 뇌졸중을 경험하지 않은 운전자들과 사고율에서 차이가 없는 것으로 알려져 있다.⁸

자동차 운전은 사회 통합을 위해 필수적인 부분이다.

Griffen 등⁹은 뇌졸중 이후에 운전 실태와 사회 통합의 관계를 연구하였는데, 직업과 사회적 이동능력 항목에서 운전자와 비운전자 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 여자이면서 낮은 사회적 지지를 받고 있는 경우에 운전자와 비운전자 간의 사회 통합 정도의 차이가 큰 것으로 분석되었다.

(2) 노인 운전자들(Older drivers)

고령 인구가 증가하면서 노인 운전자의 수도 증가하고 있으며 이에 따라 노인 운전자의 안전에 대한 사회적 관심도 증가하고 있다. 미국에서 65~74세 노인의 사고사의 가장 흔한 원인은 교통사고이며, 75~84세 노인의 사고사의 원인으로는 낙상에 이어 두 번째가 교통사고이다. 또한 노인 운전자는 교통사고 치사율도 높아서 85세 이상 노인 운전자의 사망률은 25~69세 운전자의 치사율의 9배에 달한다.¹⁰ 우리나라에서도 도로교통공단의 교통사고 통계 분석에 의하면 노인 운전자 사고의 치사율은 전체 사고 치사율의 2배이며 고령층의 사망자 구성비가 점차로 증가하는 추세에 있다.¹¹ 우리나라의 65세 이상 운전면허 소지자는 2020년에는 전체 운전자의 34%에 달할 것으로 예측되고 있다. 따라서 노인 운전자들의 운전능력 평가 수요도 점차 늘어나서 병원의 운전평가 클리닉에 의뢰되는 운전자들의 가장 많은 비율을 차지할 것으로 전망된다.

노화는 자동차 운전과 관련된 여러 가지 기능들에 영향을 미친다. 정상적인 노화의 과정에 의해서도 반응 속도가 느려지고, 복잡한 결정을 내리는데 드는 시간이 길어지고, 다중 작업과 선택적 주의가 어려워지고, 속도와 거리 판단의 정확도가 떨어지며, 동공은 작아지고 갑작스런 빛의 강도의 변화에 따른 적응 속도도 느려진다. 노인을 진료하는 의사들은 안전 운전에 지장을 줄 수 있는 의학적 상태들에 대해 주의를 기울일 필요가 있다. 근래에 발생한 뇌졸중, 실신, 현기증, 심근경색, 수술, 간질, 섬망, 외상, 낙상, 그 외에 시각이나 의식, 인지 및 운동 기능에 영향을 줄 수 있는 질환들, 그리고 진정제나 항콜린제의 복용 등은 운전 에 영향을 줄 수 있으므로 주의해야 한다.¹² 국립재활원에서 실시한 노인 운전자들의 운전 실태와 적성에 관한 연구 보고서에 의하면,¹³ 우리나라 노인 운전자의 71%는 안전 운전 에 영향을 줄 수 있는 질병을 가지고 있으며, 40%는 안전 운전 에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용하고 있고, 시각 기능과 인지-지각 기능도 젊은 운전자에 비해 저하된 것으로 나타났다.¹⁴

노인 운전자의 안전과 관련하여 흔히 이슈가 되는 것은 치매와의 연관성이다. 치매도 스스로 문제를 자각하지 못하는 경우가 많기 때문에 문제가 되는데, 알츠하이머 치매 환자의 약 50%만이 3년 이내에 운전을 중단하는 것으로

알려져 있다.¹⁵ 또한 치매가 있는 운전자는 같은 연령대의 대조군에 비해 교통사고율이 2.5배나 높은 것으로 알려져 있다. 하지만 경미한 경우에는 사고율에 차이가 없으며, 치매로 진단되었다고 해서 운전을 금지할 충분한 이유가 되지는 못하기 때문에, 치매가 의심되는 노인 운전자들에 대한 운전 평가의 중요성이 크다고 할 수 있다.

(3) 정신질환을 가지고 있는 운전자들(Drivers with psychiatric disorders)

정신질환자도 안전 운전의 위협 요소들을 가지고 있기 때문에 운전 평가의 대상이 된다. 흔히 정신질환과 동반되는 인지 장애로 주의집중력, 기억력, 정보처리 능력, 시지각 기능, 운동반응속도, 충동조절, 판단력, 문제해결능력 등에 장애가 동반되기 때문에 안전 운전 에 영향을 줄 수 있으며, 인격장애 환자나 정신분열병 환자에서 교통사고율이 증가하는 것으로 알려져 있다.¹⁶ 국내에서 안정기에 있는 정신분열병 환자들의 운전 관련 인지-지각 기능을 조사한 결과, 운전 에 필요한 인지-지각 기능에 문제가 없다고 판단되는 합격군과 비합격군 사이에 정신분열병 증상의 중증 정도를 나타내는 임상적 척도에서 유의한 점수 차이가 있는 것으로 나타났다.¹⁷

3) 운전능력 평가(Driver evaluation)

자동차 운전은 장애인의 일상생활과 사회 생활에서의 독립성 증진을 위해 매우 중요한 부분이며 한편으로는 운전자 당사자와 타인의 안전과 관련이 있는 문제이기 때문에, 운전 가능 여부를 평가하고 판정하는데 있어 종종 윤리적 딜레마에 빠지게 된다.¹⁸ 즉, 장애인의 독립성과 본인 및 타인에 대한 잠재적 위해, 장애인의 안전과 자기결정권, 공공 안전과 장애인의 비밀유지 및 독립성 사이에 갈등을 야기하게 된다. 운전능력을 평가하는 의사는 이런 측면들을 고려하고 당사자와 충분한 논의를 할 필요가 있다.

운전능력 평가는 실제로 운전을 하기 전에 클리닉에서 하는 평가(Pre-driving/In-clinic evaluation)와 도로 상에서 실제 운전을 하면서 하는 평가(behind-the-wheel/On-road evaluation)로 나눌 수 있다. 여기서는 전자에 해당하는 운전평가 클리닉 운영의 실제적인 내용들을 우선 살펴본 후에 도로주행 평가에 대해 간단히 논의하고자 한다.

(1) 운전평가 클리닉(Driver evaluation clinic)

운전평가 클리닉에 포함되어야 할 내용은 문진, 시각기능 검사, 운동기능 검사, 인지기능 검사로 나누어 볼 수 있다.

가) 문진(History taking): 문진 시 확인해야 할 사항은 현재 및 과거의 병력, 현재의 투약 여부, 그리고 자동차

Table 1. Medical Conditions That May Affect Safe Driving

Category	Examples
Diseases affecting vision	Cataract, diabetic retinopathy, macular degeneration, glaucoma, visual field defect, low visual acuity
Neurologic disease	Stroke, transient ischemic attack, traumatic brain injury, seizure, dementia, multiple sclerosis, Parkinson's disease, peripheral neuropathy
Cardiovascular disease	Coronary artery disease, arrhythmia, congestive heart failure, cardiomyopathy, valvular heart disease
Respiratory disease	Chronic obstructive pulmonary disease, sleep apnea
Metabolic disease	Diabetes mellitus, hypothyroidism
Musculoskeletal disease	Arthritis, amputation
Psychiatric disease	Mood disorders, anxiety disorders, psychotic illness, personality disorders, alcohol or substance abuse

Table 2. Medications That May Affect Safe Driving

Category	Effects
Anticholinergics	Blurred vision, sedation, confusion, ataxia, tremulousness, myoclonic jerking
Anticonvulsants	Recurrent seizure during medication withdrawal or change, sedation
Antidepressants	Sedation, headache, anxiety, restlessness, blurred vision, tremor, palpitation
Antiemetics	Sedation, blurred vision, headache, confusion, dystonia
Antihistamines	Sedation
Antihypertensives	Lightheadedness, dizziness, fatigue, sedation, confusion, nervousness
Antiparkinsonians	Sleepiness, lightheadedness, dizziness, blurred vision, confusion
Antipsychotics	Sedation, extrapyramidal side effects
Benzodiazepenes	Impairments in vision, attention, motor coordination
Muscle relaxants	Sedation
Narcotic analgesics	Sedation
Stimulants	Euphoria, overconfidence, nervousness, irritability, anxiety, insomnia, headache, rebound effects

운전 관련 사항이다. 병력 청취에서는 백내장, 당뇨병성 망막증, 황반변성, 녹내장 등 시각기능에 영향을 줄 수 있는 질환, 뇌졸중, 치매, 다발성 경화증, 파킨슨병 등의 신경학적 질환, 기타 신체적 기능에 영향을 줄 수 있는 심혈관계, 호흡기계, 근골격계 질환 및 정신과적 질환의 유무를 확인한다(Table 1). 약물을 복용 중인 운전자는 항콜린제, 항경련제, 항우울제, 항히스타민제, 진정제, 자극제 등 운전에는 영향을 줄 수 있는 약물 복용 여부를 확인한다(Table 2). 자동차 운전 관련사항으로는 운전면허의 종류, 운전경력, 사용차량, 보조장비의 사용 여부, 그리고 사고 경험 등을 파악하도록 한다.

나) 시각기능 검사: 시각기능은 운전에서 가장 중요하게 이용되는 감각으로 운전과 관련된 감각 입력의 약 95%를 담당한다. 시각기능 검사를 통해 운전능력에 미칠 잠재적인 영향의 정도를 파악해야 한다. 주로 평가하는 항목은 시력, 시야, 색상, 대비감도 등이다.

시력(visual acuity) 검사는 흔히 이용하는 한천식 시력표를 이용하여 시력을 측정할 수 있다. 그 외에 Snellen E chart, Tumbling E chart 등의 시력표가 있다. 시야(visual field) 검사는 임상적으로 흔히 사용하는 대면검사

(confrontation test)를 이용하여 시야 장애의 여부를 파악한다. 보다 정확한 시야 검사를 위해서는 험프리 자동시야계, 골드만 시야계 등의 장비를 사용할 수 있다. 색상(color perception) 검사도 흔히 이용하는 색깔인식검사를 통해 색맹 여부를 확인할 수 있다.

시력, 시야, 색상 검사처럼 흔히 하는 검사는 아니지만 운전에는 영향을 주는 시각 기능이 대비감도(contrast sensitivity)와 섬광감도(glare sensitivity)라고 할 수 있다. 대비감도의 검사는 안과에서 사용하는 장비인 VCTS (vision contrast test system)을 이용하거나 운전자 평가를 위해 많이 사용되는 시각기능 평가 장비인 Optec[®] (Angelus Medical & Optical Co. Inc., Gardena, USA)을 이용한다. Optec[®]에는 시력, 시야, 색상을 포함하여 대비감도, 섬광감도 등 운전에는 필요한 시각기능 평가가 모두 포함되어 있다(Fig. 1).

다) 운동기능 검사: 운전을 위해 필요한 운동능력 검사는 일반적인 재활의학적 환자 평가 시와 마찬가지로 관절가동역, 근력, 지구력, 근긴장도, 협응능력, 균형, 체성 및 고유수용감각 등을 검사한다. 관절가동역 중 특히 유의해서 검사해야 할 항목들은 뒤를 돌아볼 수 있는 정도의 목

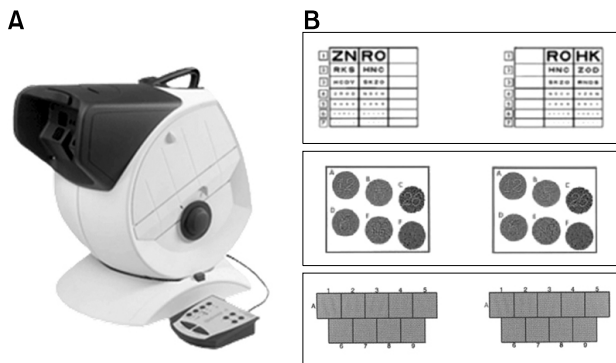


Fig. 1. (A) Optec® (B) Optec test slides for visual acuity, color perception and contrast sensitivity.

의 회전범위, 핸들을 잡기에 충분한 손가락의 굴곡, 핸들을 좌우로 충분히 회전시킬 수 있는 어깨와 팔꿈치의 굴곡, 그리고 페달을 밟고 떼기에 충분한 발목의 저축 및 배축 굴곡이다. 근력 측정에서도 어깨의 내전, 외전 및 굴곡, 손목의 굴곡과 신전, 손의 파악력, 고관절의 굴곡과 신전, 발목의 저축 및 배축 굴곡을 검사한다.¹⁰

전반적인 운동능력을 볼 수 있는 간편한 검사법으로 빠른 속도 걷기 검사(rapid pace walk)를 시행할 수 있다. 이는 하지의 근력, 지구력, 관절가동범위, 균형 및 고유수용 감각을 알아볼 수 있는 검사로 10ft의 거리를 빠른 속도로 왕복하게 하여 시간을 측정한다. 노인 운전자들의 운동능력 검사로 추천되며, 9초 이내에 완료하지 못하면 문제가 있는 것으로 판단한다.¹⁰

반응시간 검사는 신호에 따라 재빨리 페달을 밟도록 하여 걸리는 시간을 제동반응시간(brake reaction time)으로 측정하는데 0.6초보다 느려지면 문제가 있는 것으로 판단한다.

운동기능의 장애가 있는 운전자들을 평가할 때에는 보조도구를 이용하면 운전이 가능할지, 어떤 보조도구의 사용이 필요할지를 판단해야 한다. 편마비 장애인은 자동변속기, 좌측엑셀레이터, 방향지시레버 등의 보조도구가 필요하며, 하지마비 장애인은 좌측 혹은 우측의 수동식 브레이크와 엑셀레이터가 필요하다(Fig. 2).

라) 인지-지각기능 검사(Table 3): 자동차 운전의 영향을 주는 인지-지각기능은 기억력, 주의력, 정보처리속도, 문제해결능력, 다중작업능력, 판단력, 시지각기능, 지시파르기, 이상행동의 유무 등이다.

인지검사를 자동차 운전능력 예측을 위해 사용하려는 시도는 오래 전부터 있어 왔다. 지금까지의 연구들에 의하면 도로주행과 연관이 있는 것으로 알려진 인지검사 도구들은 Useful Field of View (UFOV) test, 웨슬러 기억검사

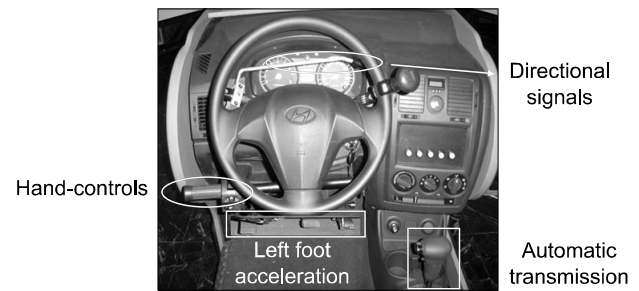


Fig. 2. Adaptive driving devices.

Table 3. Suggested Cognitive Tests to Predict Driving Performance

Category	Tests
General cognitive screening tests	Mini-Mental State Examination (MMSE) Clinical Dementia Rating (CDR) Trail-making test B Clock drawing test
Cognitive test batteries developed for driver evaluation	Cognitive Behavioral Driver's Inventory (CBDI) Cognitive-Perceptual Assessment for Driving (CPAD) Depth perception Sustained attention Divided attention Stroop test Digit span test Field dependency Trail-making test A and B

(Wechsler Memory Scale)의 visual reproduction 등이며, 운전 시뮬레이터와 연관이 있는 검사 도구는 시계그리기 (clock drawing), UFOV, 웨슬러 지능검사(Wechsler Adult Intelligence Scale; WAIS)의 picture arrangement, 간이정 신상태검사(Mini Mental State Examination; MMSE) 등이며, 운전 시에 발생하는 문제와 연관이 있는 도구들은 선 추적검사(trail making test), 스트룹(stroop) 검사, UFOV, WAIS의 block design 등이다.¹⁹

치매 판별검사로 가장 흔히 이용하는 MMSE와 자동차 운전과의 연관성을 살펴보면, MMSE 24점 이상의 운전자들은 MMSE 점수로 안전운전의 여부를 판별할 수 없으나, MMSE 24점 이하의 운전자들은 일반적으로 안전하지 못한 운전과 연관이 있고, 17점 이하의 운전자는 안전운전에 문제가 있을 가능성이 많다. 미국 도로교통안전국(National Highway Traffic Administration, NHTSA)에서는 MMSE 17점 이하의 운전자들은 6개월 간격으로 운전 적성 검사를 받아볼 것을 권장한다.²⁰

임상치매척도(Clinical Dementia Rating; CDR)와 자동

차 운전과의 연관성은, CDR 0.5~1점인 경우 도로주행시험에 탈락할 가능성이 높으며 CDR 1점일 경우 0.5점보다 약간 더 높은 것으로 나타났지만, CDR 0.5~1점의 운전자를 안전운전에 문제가 있는 것으로 판단할 수는 없으며, NHTSA는 CDR 1점의 운전자들은 6개월 간격으로 운전 적성 검사를 받아볼 것을 권장한다.²⁰

이상과 같이 인지기능 검사도구들이 자동차 운전능력과 어느 정도의 연관성을 보이는 것은 사실이나, 이들 검사도구들이 운전능력을 평가하기 위한 목적으로 만들어진 것이 아니기 때문에 이들의 운전능력을 예측할 수 있는 검사도구로서의 특이도와 민감도는 그리 만족스럽지 못하다.²¹ 따라서 현재까지는 인지검사 도구들만으로 운전능력을 예측하는 데는 한계가 있다.

운전평가 클리닉에서 비교적 간단히 사용할 수 있는 인지검사 도구로, AMA의 노인 운전자 평가 가이드라인에서는 선추적검사(trail-making test) B와 시계그리기 검사(clock drawing test)를 추천한다.¹⁰ 선추적검사 B는 숫자와 알파벳을 순차적으로 연결하는 검사법으로, 작업기억력, 시각정보처리능력, 시공간지각능력, 선택적 주의력과 분할주의력, 심리운동 협응력 등의 복합적 인지기능을 평가하며, 180초 이상이면 문제가 있는 것으로 판단한다. 시계그리기 검사는 장기기억력, 단기기억력, 시지각능력, 시공간지각능력, 선택적 주의력, 실행능력 등을 평가할 수 있으며, 11시 10분을 가리키는 시계를 그리게 하고 제대로 그려졌는지 8개 항목을 검사하여 하나라도 이상이 있으면 문제가 있는 것으로 판단한다.

운전능력을 평가하기 위한 목적으로 개발된 인지기능 검사도구로 Cognitive Behavioral Driver's Inventory (CBDI)가 있는데, 이는 컴퓨터 기반으로 주의력, 집중력, 반응시간, 판단력, 시각적 주사능력, 주의전환능력, 시각운동 협응력 등을 평가할 수 있도록 고안된 도구이다.²² 국내에서도 이를 이용하여 뇌졸중 환자들의 운전능력 평가를 연구한 보고가 있다.²³ 그 외에도 DriveSafe와 Drive-Aware,²⁴ Rockwood Driving Battery²⁵ 등이 소개되어 있으나 국내에서 사용된 보고는 없다.

임상에서 시지각기능의 평가와 훈련을 위해 사용되는 장비인 Dynavision도 운전능력을 평가하는데 유용한 것으로 알려져 있다.²⁶ Dynavision의 여러가지 검사 중 4분간 불빛이 들어오는 지점을 지적하는 정반응을 측정하는 endurance task는 CBDI보다 더 정확도가 높으며, CBDI와 함께 사용하면 정확도를 더욱 높일 수 있는 것으로 보고되었다.

국내에서 개발된 도구로는 국립재활원에서 개발한 컴퓨터 기반의 인지기능 검사도구인 Cognitive-Perceptual

Assessment for Driving (CPAD)이 있다.²⁷ CPAD는 깊이 지각능력, 주의지속력, 주의분할능력, 스트룹 검사, 숫자의 우기, 장의존성, 선추적검사 A와 B 등 8개 검사의 10개 항목으로 구성되어 있다.²⁸ CPAD의 결과를 통해 pass/borderline/fail 여부를 판단할 수 있도록 표준화된 점수체계를 갖추고 있으며, CBDI, 운전코스검사, 도로주행검사 등과 상관관계를 보여 타당도와 신뢰도가 검증되어 있다.^{27,29-31}

(2) 도로주행검사(On-road evaluation)

도로주행검사는 실제로 피검자가 자동차를 운전하는 것을 관찰하면서 회전, 주차, 후진, 멈춤 등의 자동차 조작과 거주지 주변의 교통량이 많지 않은 도로, 교통량이 많은 시내 도로, 고속도로 등의 다양한 환경에서의 운전능력을 평가한다. 운전면허를 위한 도로주행시험의 평가 항목(Appendix 2)은 안전띠 착용, 시동 끄고 켜기, 지정속도 위반, 급가속, 방향지시등 조작, 신호위반, 규정시간 초과, 브레이크 조작, 중앙선 침범, 차량 충돌, 도로 이탈 등 11개 항목으로 구성되어 있고, 총 100점 만점에서 위반 사항을 감점하는 방식으로 점수를 매긴다.

국내에서는 치료사가 도로주행검사를 할 수 있는 법적 기반이 마련되어 있지 않으므로 병원에서 도로주행검사까지 시행하는 것은 아직 현실적이지 못하다. 도로주행검사를 할 수 있는 운전교사에게 의뢰하는 것도 한 방법이지만, 운전교사가 환자의 인지 장애 등 운전과 관련된 기능적 문제를 충분히 이해하고 있지 못하면 한 번의 주행만으로 안전 운전 여부를 판단하는데 한계가 있다. 가능한 대안 중 하나는 운전 시뮬레이터를 이용하여 안전한 환경 내에서 가상의 도로주행검사를 실시하고 치료사가 안전 운전에 영향을 줄 수 있는 환자의 문제점들을 관찰하는 것이다.^{32,33} 하지만 운전 시뮬레이터가 널리 보급되어 있지 못하고 평가의 정확도와 신뢰도도 아직 충분히 검증되지 않았기 때문에 앞으로 이와 관련된 임상적 경험의 축적과 연구가 요구된다.

지금까지 논의한 운전능력 평가의 과정을 요약하자면, 우선 의뢰된 환자가 운전 위험이 있는지를 문진을 통해 판단하고, 운전능력을 평가할 필요가 있다면 시각기능, 운동기능, 인지기능 등을 검사한다. 클리닉에서의 검사상 안전운전의 위험이 우려되어 추가적인 평가를 요한다면, 운전 시뮬레이터를 이용하여 운전 시의 행동을 관찰하거나 도로주행시험을 의뢰하도록 한다. 이와 같은 평가의 과정을 통해 진료의사는 운전 가능, 훈련 후 운전 가능, 추후 재평가, 운전 불가 등의 판정을 하고 알려주어야 한다.

4) 운전 재훈련(Driver retraining)

문진을 통해 운전에 영향을 줄 수 있는 질환이나 약물 복용이 발견되었으면 우선 그에 따른 유의 사항을 알려주어야 한다. 특히 약물의 부작용에 대해 주지시키고, 약물의 용량변경이나 추가 시에는 운전을 자제하도록 권고한다. 간질이 있는 경우에는 적어도 3개월 이상 간질이 없이 안정된 상태라고 판단될 때 운전을 권고할 수 있으나, 환자의 상황에 따라 개별적으로 판단하도록 한다. 약물농도 조절 시기에는 운전을 중단하도록 하며, 약물복용의 순응도가 떨어지거나 간질의 빈도가 잦아지는 등 안전을 확신할 수 없을 때에도 운전을 중단하도록 권고한다.

시각검사 상 이상이 발견되었다면 그 이상이 운전의 법적인 결격사유에 해당하는지를 우선 판단하도록 한다. 야간시력이나 섬광감도에 문제가 있다면 야간운전을 피하도록 권유하고, 시야장애가 있는 경우에는 시야결핍에 대한 보상 훈련을 권유한다. 필요 시 도로주행 훈련을 거쳐 운전을 재개하도록 한다.

운동기능의 장애로 보조도구를 사용해야 하는 경우에는 보조도구가 장착되어 있는 차량을 이용하여 운전 훈련을 거친 후 운전을 재개하도록 한다. 안전을 위해 도로주행 훈련에 직접 들어가기 전에 운전 시뮬레이터를 이용하여 조작 방법을 익히는 것이 좋다. 인지기능의 장애로 안전운전에 문제가 있을 것으로 예상되는 경우에도 운전 시뮬레이터를 통한 운전 훈련을 실시할 수 있다.

운전 시뮬레이터는 병원에서 전문가의 관찰 하에 평가와 훈련을 실시할 수 있다는 면에서 국내에서 운전 재활을 적용할 수 있는 좋은 대안이다. 국립재활원에서는 몰입형 가상 현실을 기반으로 한 운전 시뮬레이터를 개발하여 활용하고 있다(Fig. 3). 뇌손상을 입은 운전자들을 대상으로



Fig. 3. Driving simulator.

작업치료사의 감독하에 운전 시뮬레이터를 이용한 운전 훈련을 시행한 결과 처음에는 정상인 대조군 운전자와 비교하여 유의하게 낮은 점수를 보였으나 치료 종료 시점에는 대조군과 유의한 차이가 없는 점수를 보일 만큼 운전 능력이 향상되었다.³⁴ 국외에서도 외상성 뇌손상을 입은 군인들을 대상으로 가상현실 기반의 운전 시뮬레이터를 이용한 운전 훈련이 보고되었는데, 훈련 전에 비해 차선 유지, 회전, 제동, 교통신호 준수 등에서 향상을 보였다.³⁵

인지기능의 장애가 있는 운전자는 운전 훈련 시 인지 장애에 대한 충분한 지식과 이해를 가지고 있는 전문가가 관찰하는 것이 중요하다. 인지 장애가 있는 운전자들에게서 흔히 관찰되는 행동들로는, 초록불에서 망설이거나 멈추기, 부적절한 차량의 위치, 저속주행, 충동적 행동, 위험한 좌회전, 주변 차량을 인지하지 못하고 차선 바꾸기, 길을 잃기, 도로 표지판 오인, 부적절한 판단 등이다.¹ 주의력과 집중력에 장애가 있는 운전자는 운전 시에 쉽게 산만해지고, 다중작업 수행이 어려우며, 차선 내에서 차량의 위치를 잘 잡지 못하는 경향이 있다. 정보처리에 장애가 있는 운전자는 반응이 느려지고, 저속 주행을 하며, 올바른 결정을 늦게 내려 제동을 제때에 하지 못할 수 있다. 판단력에 장애가 있는 운전자는 위험한 행동을 하기 쉽고, 상황에 대한 올바른 파악이 어렵다. 충동성이 있는 운전자도 올바른 판단을 하지 못하고, 전체적인 상황을 파악하는데 어려움이 있다.¹

노인 운전자들의 인지-지각 기능과 운전 시뮬레이터에서의 수행 오류들과의 연관성을 분석한 연구 결과에 따르면, CPAD 검사를 합격하지 못한 노인 운전자들에서 모의 운전 상 사고를 경험할 확률이 4배 높았고, 핸들조작의 오류, 차량 위치 선정의 오류, 차선 변경 시의 오류를 범할 확률은 각각 3.5배, 2.8배, 6.5배가 높았다.³⁶ 이런 연구 결과들을 참고해 볼 때, 인지능력의 이상이 의심되는 운전자들의 운전 재훈련 시 특정한 운전 기술에 대해 집중적으로 훈련할 필요가 있다. 운전 시뮬레이터를 운전 재활에 활용하면 짧은 시간의 도로주행 훈련에서 놓치기 쉬운 특정 상황들을 운전 훈련 시나리오로 만들어 전문가의 감독 하에 집중적인 훈련을 할 수 있으므로 매우 유용한 재활방법이 될 수 있다. 향후 이런 부분에 연구와 개발이 필요할 것으로 보인다.

결 론

운전 재활은 자동차 운전에 영향을 주는 의학적 문제를 가진 개인의 운전 능력을 평가하고 재훈련 하는데 초점을 두고 있는 재활의학의 한 분야이다. 자동차 운전은 도구적

일상생활동작의 하나로서 재활 전문가에 의한 포괄적인 접근을 필요로 한다. 운전능력 평가를 필요로 하는 운전자들은 뇌졸중, 외상성 뇌손상 등으로 인한 장애인 운전자들과 노인 운전자들, 그리고 정신 질환을 가진 운전자들 등이다. 운전능력 평가는 클리닉에서의 임상적 평가와 도로 주행 평가로 나눌 수 있다. 임상적 평가는 문진, 시각기능 검사, 운동기능검사, 인지기능검사 등을 포함한다. 운전 수행 평가는 실제 도로주행 평가를 하거나 운전 시뮬레이터를 이용한 모의 운전 평가를 시행할 수 있다. 운전 재훈련이 필요한 운전자들에게는 필요한 운전 보조도구들을 장착하고 모의 운전 혹은 실제 도로주행 훈련을 실시할 수 있다. 향후 노인 인구가 증가하고 뇌졸중, 치매 및 퇴행성 뇌질환 환자들도 증가할 것으로 추정되는 바, 운전능력 평가와 운전 재활의 요구도는 점차 증대될 것으로 전망된다. 운전 재활 분야에 재활의학과 의사를 비롯한 재활 전문가들의 관심과 개입이 요구된다.

참 고 문 헌

- 1) Agnelli A. On- and off-road evaluations. In: Schultheis MT, DeLuca J, Chute DL, eds. *Handbook for the assessment of driving capacity*. San Diego, CA: Academic Press; 2009:5-20
- 2) van Zomeren AH, Brouwer WH, Minderhoud JM. Acquired brain damage and driving: A review. *Arch Phys Med Rehabil*. 1987;68:697-705
- 3) Schatz P, Hillary FG. Human factor considerations in motor vehicle collisions. In: Schultheis MT, DeLuca J, Chute DL, eds. *Handbook for the assessment of driving capacity*. San Diego, CA: Academic Press; 2009:59-70
- 4) Pierce SL. Driving. In: Gillen G, Burkhardt A, eds. *Stroke rehabilitation: A function-based approach*. St. Louis: Mosby; 1998:385-406
- 5) Shin OS, Jang SJ, Kim UH, Lee BS, Hong BJ, Kim JH, Kim BS. A study on driver training program for the handicapped at the national rehabilitation center. *J Korean Acad Rehabil Med*. 2000;24:618-623
- 6) Hopewell CA. Driving and traumatic brain injury. In: Schultheis MT, DeLuca J, Chute DL, eds. *Handbook for the assessment of driving capacity*. San Diego, CA: Academic Press; 2009:71-94
- 7) Schultheis MT, Fleksher C. Driving and stroke. In: Schultheis MT, DeLuca J, Chute DL, eds. *Handbook for the assessment of driving capacity*. San Diego, CA: Academic Press; 2009:117-130
- 8) Fisk GD, Owsley C, Mennemeier M. Vision, attention, and self-reported driving behaviors in community-dwelling stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83:469-477
- 9) Griffen JA, Rapport LJ, Bryer RC, Scott CA. Driving status and community integration after stroke. *Top Stroke Rehabil*. 2009;16:212-221
- 10) Wang CC, Kosinski CJ, Schwarzberg JG, Shanklin AV. *Physician's guide to assessing and counselling older drivers*. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration; 2003
- 11) ROTA. *Road traffic accidents in korea 2009*. Seoul, Korea: Road Traffic Authority; 2010
- 12) Odenheimer GL. Driver safety in older adults. The physician's role in assessing driving skills of older patients. *Geriatrics*. 2006;61:14-21
- 13) Park SW, Yoo HC, Lim MH, Hwang SI, Kim EJ, Choi ES, Choi KI, Lee KJ, Kim DJ. Driving status, habits and safety of older drivers. *J Korean Acad Rehabil Med*. 2010;34:570-576
- 14) Park SW, Choi ES, Lim MH, Hwang SI, Kim EJ, Choi KI, Yoo HC, Lee KJ. Evaluation of driving ability in older drivers. *J Korean Acad Rehabil Med*. 2010;34:458-464
- 15) Fox GK, Hopewell A, Rosenman E, Schultheis MT. Driving and the dementias. In: Schultheis MT, DeLuca J, Chute DL, eds. *Handbook for the assessment of driving capacity*. San Diego, CA: Academic Press; 2009:85-116
- 16) Kalmar JH, DeLuca J. Driving and other neurological and psychiatric disorders. In: Schultheis MT, DeLuca J, Chute DL, eds. *Handbook for the assessment of driving capacity*. San Diego, CA: Academic Press; 2009:131-158
- 17) Koh ES, Lee JI, Park SJ, Park SW, Han JH, Roh S. Application of cognitive perceptual assessment for driving in patients with schizophrenia. *Korean J Schizophr Res*. 2010;13:133-140
- 18) Cook CA, Semmler CJ. Ethical dilemmas in driver reeducation. *Am J Occup Ther*. 1991;45:517-522
- 19) Mathias JL, Lucas LK. Cognitive predictors of unsafe driving in older drivers: A meta-analysis. *Int Psychogeriatr*. 2009;21:637-653
- 20) NHTSA. *Driver fitness medical guidelines*. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration; 2009
- 21) Bedard M, Weaver B, Darzins P, Porter MM. Predicting driving performance in older adults: We are not there yet! *Traffic Inj Prev*. 2008;9:336-341
- 22) Engum ES, Pendergrass TM, Cron L, Lambert EW, Hulse CK. Cognitive behavioral driver's inventory. *Cognitive Rehabilitation*. 1988;6:34-50
- 23) Heo AN, Park SW, Lee BS, Shin OS, Lee ES, Rha IS, Kim BS. Evaluation of driving ability of stroke patients using cognitive behavioral driver's inventory. *J Korean Acad Rehabil Med*. 2003;27:7-13
- 24) Kay LG, Bundy AC, Clemson LM. Predicting fitness to drive in people with cognitive impairments by using drivesafe and driveaware. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90:1514-1522
- 25) Rees J, McKenna P, Bell V, Skucek E, Nichols E, Fisher P. The rookwood driving battery: Normative older adult performance. *Br J Clin Psychol*. 2008;47:139-151
- 26) Klavora P, Heslegrave RJ, Young M. Driving skills in elderly persons with stroke: Comparison of two new assessment options. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81:701-705
- 27) Jang SJ, Park SW, Kim DA, Lee JT, Lee JW, Jeong WK, Lee JH, Kim SI. Cognitive perceptual assessment tool for

- evaluation of driving ability of persons with brain injury. *J Korean Acad Rehab Med.* 2006;30:128-134
- 28) Yoo JH, Jang SJ, Park SW, Kim DA, Lee JW, Jeong WK, Lee JH, Kim SI. Preliminary study on the standardization of the cognitive perceptual assessment for driving. *Korean J Stroke.* 2004;6:68-72
 - 29) Jeong WK, Jang SJ, Kim DA, Park SW, Lee JW, Lee JH, Kim SI. Correlation between cognitive-perceptual assessment for driving (cpad) and mvpt, mmse. *Korean J Stroke.* 2004;6:79-87
 - 30) Lee JW, Jang SJ, Kim DA, Park SW, Jung WK, Yoo JH, Lee JH, Kim SI. Development and application of cognitive perceptual assessment for driving of people with brain injury - comparison with cognitive behavioral driver's inventory. *J Korean Acad Rehab Med.* 2004;28:523-531
 - 31) Choi SW, Jang SJ, Park SW, Lee JT, Park OT. Application of cognitive perceptual assessment for driving (cpad) for the brain injured patients: A preliminary study. *J Korean Acad Rehab Med.* 2008;32:273-279
 - 32) Lee HC, Drake V, Cameron D. Identification of appropriate assessment criteria to measure older adults' driving performance in simulated driving. *Aust Occup Ther J.* 2002;49:138-145
 - 33) Lee HC, Lee AH, Cameron D. Validation of a driving simulator by measuring the visual attention skill of older adult drivers. *Am J Occup Ther.* 2003;57:324-328
 - 34) Yang HC, Park SW, Jang SJ, Kim KM, Park CW, Kim JH, Kim HC, Yi SH, Lee YS. Rehabilitation of drivers with brain injury using virtual reality based driving simulator. *J Korean Acad Rehab Med.* 2009;33:271-275
 - 35) Cox DJ, Davis M, Singh H, Barbour B, Nidiffer FD, Trudel T, Mourant R, Moncrief R. Driving rehabilitation for military personnel recovering from traumatic brain injury using virtual reality driving simulation: A feasibility study. *Mil Med.* 2010;175:411-416
 - 36) Park SW, Choi ES, Lim MH, Kim EJ, Hwang SI, Choi KI, Yoo HC, Lee KJ, Jung HE. Association between unsafe driving performance and cognitive-perceptual dysfunction in older drivers. *PM R.* 2011;3:198-203

Appendix 1. 도로교통법 시행령 제45조(자동차등의 운전에 필요한 적성의 기준)

1. 시력(교정시력을 포함한다)은 다음 각 목의 구분에 의한 기준을 갖출 것
 - 가. 제1종 운전면허
두 눈을 동시에 뜨고 잔 시력이 0.8 이상이고, 양쪽 눈의 시력이 각각 0.5 이상일 것
 - 나. 제2종 운전면허
두 눈을 동시에 뜨고 잔 시력이 0.5 이상일 것. 다만, 한쪽 눈을 보지 못하는 사람은 다른 쪽 눈의 시력이 0.6 이상이어야 한다.
2. 적색·녹색 및 황색의 색채식별이 가능할 것
3. 청력(제1종 운전면허 중 대형면허·특수면허에 한정한다.)
55데시벨의 소리를 들을 수 있을 것. 다만, 보청기를 사용하는 사람은 40데시벨의 소리를 들을 수 있어야 한다.
4. 조향장치나 그 밖의 장치를 뜻대로 조작할 수 없는 등 정상적인 운전을 할 수 없다고 인정되는 신체 또는 정신상의 장애가 없을 것. 다만, 보조수단이나 신체장애 정도에 적합하게 제작·승인된 자동차를 사용하여 정상적인 운전을 할 수 있다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.

Appendix 2. 도로교통법 시행규칙 제68조 제1항 별표26 (도로주행시험의 시험항목)

과제	항목
출발전 확인 운전자세 출발	안전여부 확인 불이행 운전자세 불량 클러치와 가속페달의 부조화 클러치조작불량으로 엔진정지 출발신호 불이행 출발 전 안전확인 불이행 출발시간 지연
가속 및 속도유지 제동	가속페달 조작미숙 엔진브레이크 미사용 제동조작 불량 제동구간 초과
조향 차체감각	균형을 잃은 경우 우회전시 안전 측방 등 간격미확보
통행 구분	길 가장자리구역 통행 앞지르기 위반 통행우선 자동차에 양보 불이행 차로위반
진로변경	진입금지 위반 진로변경 시 안전확인 불이행 진로변경 신호불이행 진로변경 금지위반
직진 및 좌·우회전	주변 자동차 진행방해 방향전환 신호불이행 교차로 통행방법 위반 서행 위반
주차 방법	평행주차 미숙 종료 후 주차방법 위반
기타	급브레이크 사용 안전거리 미확보 속도위반