

A Study on Evaluation of the Key Functional Factors of Safe Driving in Elderly

So-Yeon Park*

*Professor, Dept. of Physical Therapy, Sangji University, Wonju, Korea

[Abstract]

This study aims to present the need to supplement the driver's license renewal test for elderly drivers. In Korea, the proportion of elderly drivers is increasing as the elderly population increases rapidly. Overall the traffic accident rate is decreasing but the traffic accident and death rate from traffic accidents are increasing in older drivers. In this study the assessments and education conducted when renewing the driver's license for elderly drivers conducted in Korea were conducted to find out the necessary tests compared to the current situation of foreign countries. Although it is appropriate to evaluate the three key functional areas of vision, cognition, motor and somatosensory, we currently evaluate visual acuity in vision area. While MMSE-K and Clock drawing tests are not recognizable for mild cognitive impairment in cognitive areas. The motor and somato sensory function to perform driving are not evaluated at all. Therefore for safe driving of older drivers, the test to be conducted during renewal of the driver's license will need to supplement that the visual field and contrast sensitivity in vision area, cognitive function from mild cognitive impairments, and the endurance, functional range of motion and proprioception in motor function area.

▶ **Key words:** Aging, Driving licence, Elderly, Safe driving, Motor function assessment

[요 약]

본 연구는 노인운전자의 운전 면허를 갱신 할 때 필요한 추가 검사를 제안할 목적으로 실시되었다. 우리나라에서는 고령 인구가 빠르게 증가하면서 고령 운전자의 비율이 높아지고 있다. 전반적으로 교통사고율이 감소하고 있지만, 고령 운전자에서는 교통사고율과 교통사고로 인한 사망률이 증가하고 있다. 본 연구에서는 우리나라에서 실시하고 있는 고령 운전자의 운전면허 갱신 시 실시하고 있는 검사와 교육을 알아보고 외국의 현황과 비교하여 필요한 검사를 알아보기 위해 시행했다. 운전능력과 관련된 신체기능은 크게 시각, 인지, 운동 및 체성감각의 세 영역에 대해 평가하는 것이 적절하지만, 현재 우리나라에서는 시각 중 시력만을 평가하고 있고, 인지 영역에서는 경증 인지 손상은 알아볼 수 없는 MMSE-K와 시계 그리기 검사만을 진행하고 있다. 운전을 수행하는 운동능력에 대해서는 전혀 평가하고 있지 않다. 따라서 고령 운전자의 안전운전을 위해서는 운전면허 갱신 시 실시하는 검사에 시각에서는 시야와 대조대비력 검사, 인지 기능에서는 경증 인지장애를 구별할 수 있는 검사, 운동기능을 평가하기 위한 검사를 보완해야 할 것이다.

▶ **주제어:** 노화, 운전 면허, 고령 운전자, 안전 운전, 운동기능 평가

-
- First Author: So-Yeon Park, Corresponding Author: So-Yeon Park
 - So-Yeon Park (soyeonparkpt@gmail.com), Dept. of Physical Therapy, Sangji University
 - Received: 2021. 09. 30, Revised: 2021. 11. 02, Accepted: 2021. 11. 03.

I. Introduction

고령자는 국제 기준(UN)에 의하면 65세 이상으로 규정하고 있으며, 사회의 고령화 단계는 65세 이상의 고령자 인구가 전체 인구에서 차지하는 비율을 7%(고령화 사회, Aging society), 14%(고령사회, Aged society), 20%(초고령 사회, Post-aged society) 기준으로 구분. 2020년 통계청이 발표한 자료에 의하면 65세 이상의 고령 인구는 15.7%로 현재 우리나라는 고령사회에 접어들었으며, 2025년에는 20.3%에 이르러 초고령 사회에 접어들 것으로 예상된다.

운전은 사회생활을 하는 동안 독립적으로 이동할 수 있어서 행동할 수 있어서 삶의 질을 결정하는데 중요한 요인이다[1]. 노인들이 운전하지 못하게 되는 상황이 발생하면 이동능력(mobility)이 감소하여 외부활동이 제한되고 이로 인해 사회적 활동성이 감소하게 된다. 이러한 사회적 활동의 감소는 인지 기능과 정신건강에 부정적인 영향을 주며 [2], 나아가서는 우울증의 가능성을 높일 수 있다[3].

운전은 시각, 운동, 인지 기능 등의 경험을 토대로 수행하는 복합적 과제(complex task) 유형에 해당한다[4]. 운전으로 인한 교통사고란 일반적으로 도로상에서 차의 교통으로 인해 사람을 사상하거나 물건을 손상한 것으로 정의한다. 교통사고는 특정 능력의 문제라기보다는 인지 기능, 운동기능, 감각 기능 등 여러 요인의 문제로 발생하므로 사고 발생 예측이 어렵다[5].

우리나라의 고령자 운전면허소지자 수는 2014년 기준으로 2백만 명을 넘어서 전체 운전면허소지자의 6.99%에 해당하며 점차 고령 운전자의 비율이 증가하고 있다[6]. 운전자 전체 교통사고율은 감소하고 있지만, 고령 운전자에 의해 발생하는 교통사고율은 매년 증가하고 있다. 우리나라에서의 교통사고 사상자 중 60세 이상은 12.6%에 해당한다[6]. OECD 회원국의 통계에서도 교통사고로 인한 사망률은 전체 운전자에서는 10만 명당 8.9명인데 비해 65세 이상 고령자 교통사고 사망률은 10만 명당 22.3명으로 2.5배로 높은 사망률을 보여 고령화 시대의 주요한 사회문제라 볼 수 있다[6].

고령 운전자에서 교통사고 발생률과 사망률이 높게 나타나는 이유는 노화로 인하여 신체적, 정신적, 심리적 능력이 감소하여 예측하기 어려운 교통상황에서 표지판이나 신호등을 확인하고 인식하는 능력이 저하되고, 집중력 감소와 문제 발생 시 대처능력이 저하되기 때문이다[7].

교통사고를 예방하기 위하여 교통사고가 발생하기 쉬운 시설이나 환경을 시선 유도시설이나 조명시설, 과속방지턱 등을 설치하여 사고를 예방하기 위한 사업이 진행되고 있

대[6]. 교통 시설의 보안을 통해서 사고 발생률을 감소시킬 수 있지만, 노령운전자의 노화로 인한 기능 저하로 발생하는 사고까지 모두 예방할 수 없고, 운전자의 신체적 기능과 운전 능력은 개별 차가 크므로 고령 운전자가 운전필요한 신체적 기능과 판단력을 갖추고 있는지 적절하게 평가하는 과정은 필요하다.

본 연구에서는 노인의 삶의 질 유지하기 위해서 운전 능력을 유지하여 사회적 활동을 지속하는 것이 필요하다. 그러나, 고령 운전자의 증가로 인한 교통사고율과 사망률 증가로 인한 문제가 중요한 사회적 이슈이므로 국내외에서 연구된 고령자의 운전 능력과 관계된 신체적 기능영역과 각 신체적 기능영역을 평가하는데 사용된 도구를 고찰하여, 현재 우리나라에서 노인의 운전면허 갱신 시 실시되고 있는 평가와 비교하여 미비한 평가 영역이 있다면 필요성을 제시하고 평가할 수 있는 도구를 제시하고자 한다.

II. Preliminaries

1. Comparison of safe driving assessment of elderly drivers by country

우리나라에서는 75세 이상 고령 운전자가 운전면허를 갱신할 때에는 정기 적성검사를 받아야 한다. 2019년 1월 개정된 운전면허 갱신 절차에 의하면 운전자 모두에게 실시하는 기본적인 신체적인 적성검사와 함께 고령 운전자는 인지능력 자가진단을 통해 1) 선별검사와 2) 기초 인지진단을 수행하고, 3) 노화, 약물, 안전 운전, 상황별 안전 운전방법 및 관계 법령에 대해 안전교육을 받도록 했으며, 4) 치매 선별검사를 통해 치매의심군에 해당하는지 확인하여 운전면허의 유지 여부를 판단할 수 있는 5) 수시 적성검사를 받도록 법령을 개정하여 고령 운전자의 면허관리 체계를 강화하였다(Table 1)[8].

Table 1. Elderly driver's license renewal procedure

Steps		Contents of Assessment
Cognitive function test	1) Screening test	line drawing
	2) Basic cognitive function test	MMSE-K, Clock drawing test
3) Safety education		Aging, medicine effect, safety-driving, driving laws
4) Dementia		Cognitive Impairment Screening Test (CIST)
5) Driving aptitude test		License Maintenance Judgment

일본은 고령 운전자의 운전면허증을 스스로 반납하도록 유도하는 정책과 함께 75세 이상의 고령 운전자는 운전면허 갱신 시 지정교습소에서 실내강습과 적성검사, 실차교습을 받도록 의무화했다[9]. 호주는 주별로 차이가 있기는 하지만 70세, 75세, 80세에 고령 운전자의 정기검사를 시행하고 있으며, 이 검사에는 시각 검사, 의학적 검사, 모의 운전검사, 노상 운전시험, 교통신호 인식 검사 등을 검사한다[10][11]. 캐나다와 미국의 경우에는 인지, 시각, 전정 감각, 운전시뮬레이터 평가, 노인 운전 능력 자가 보고식 평가 등을 시행하고 있다[12].

2. Example of an elderly driver's assessment in the United States

위에서 제시한 바와 같이 국가별로 고령 운전자의 안전 운전을 위한 평가는 다양한 과정으로 진행되고 있지만, 여러 연구를 고찰한 결과 미국 교통국(United States Department of Transportation)에서 실시하고 있는 과정이 가장 체계적으로 진행되고 있어서 소개하고자 한다. 미국 교통국에서는 주기적으로 고령 운전자의 검사와 카운슬링을 위한 임상가 지침서(Clinician's Guide to Assessing and Counseling Older Drivers)를 출판하여 배포하고 있다.

2.1 고령 운전자의 안전 운전을 위한 평가 과정(Plan for Older Driver's Safety, PODS)

2019년 개정판(4판)에서는 고령 운전자의 안전 운전을 위한 평가과정(Plan for Older Driver's Safety, PODS)을 선별검사(screening) 과정: 1단계 선별검사와 2단계 선별검사로 구분, 평가(evaluation) 과정, 결과판정(result) 과정으로 나누어 진행하도록 안내하고 있다. 1단계 선별검사(screening)에서는 전반적으로 의학적 상태나 전신 시스템(body systems)의 관찰, 운전사고력, 지난 5년간의 운전상태의 변화 등을 관찰 및 확인하여 운전 위험군(positive risk factors identified) 여부를 확인한다. 1단계에서 운전 위험군으로 분류되면 2단계의 선별검사에서도 4영역으로 나누어 검사한다. 1단계에서 운전 능력을 감소시킬 수 있는 임상적 위험 요인은 다음과 같다(Table 2).

평가 과정(assessment)에서는 운전 위험군에 해당하는 운전자를 각 4영역에서 검사한다. 각 영역은 1) 일반적인 건강 영역: 운전습관, 도구적 일상생활 활동 검사(Instrumental Activity of Daily Living), 의학적 상태 변화, 2) 시각 영역, 3) 인지 영역, 4) 운동/감각 영역이다.

결과판정 과정(result)에서는 선별검사와 평가한 결과를

토대로 운전 위험군과 비 위험군을 결정하고, 운전 위험군의 경우에 의학적 상태에 문제가 있다면 전문가 검사와 치료적 중재를 하고, 운전 재활 훈련의 필요 여부나 자동차의 편의 시설을 보완 여부를 결정한다. 이러한 과정을 통해서 최종적으로 운전 가능 여부를 결정(result)하여 제한된 조건에서만 운전하도록 결정하거나, 운전면허 취소 결정을 시행한다.

Table 2. Clinical Risk Factors of Impaired Driving

Risk Factor	Signs and Symptoms
Physical capabilities	History of falls Impaired ambulation vision and/or hearing impairment Functional impairment with regard to used of gas or brake pedals Decreased ability to turn the head to fully visualize an area
Cognitive ability	Decreased short-term memory Decreased or impaired way finding Easily distracted Inability to learn new information quickly Inability to recognize unsafe situations
Driving ability	Not using turn signals appropriately Difficulty turning the wheel and making turns Difficulty staying in the correct driving lane Difficulty judging the space between cars ro upcoming exists Hitting curbs when parking or backing up Stopping in traffic inappropriately Not following stop signals, yield signs, traffic lights etc. Not noticing workmen or activity on side of the road Inappropriate speeds for the weather/driving conditions History of traffic violations minor crashes or warings

2.2 2단계 선별검사 중 운전과 관련된 기능적 영역 평가

노인의 운전 가능 여부를 평가 및 확인하는 과정 중 기능적 영역에 대해 알아보하고자 하는 것이 본 연구의 목적이므로 이에 대한 영역을 중점적으로 기술하고자 한다. 노화는 인체의 모든 계통과 조직에 영향을 주는 과정으로, 개인마다 유전적인 요인이나 생활 방식에 따라 차이는 있을 수 있고 전체 수명의 약 75%에 걸쳐 신체의 노화가 진행된다. 나이가 들면서 진행되는 노화 현상은 인체 시스템에 영향을 끼쳐 일상생활과 특히 운전수행과 같은 도구적 일상생활 활동에 영향을 준다. 노화로 인한 기능의 저하는 교통사고의 위험성을 증가시킨다. 운전 능력과 관련된 기능평가의 영역은 크게 시각(vision), 인지(cognition), 운동/체성감각(motor/somatosensory) 기능의 3영역으로 나누어 설명할 수 있다.

1) 시각 기능(Vision)

신체의 다양한 감각 기관에서 노화가 진행되지만, 운전 능력에는 시각의 변화가 가장 큰 영향을 준다. 시각 기능 검사는 시력(visual acuity), 시야(visual field), 대비 민감도(contrast sensitivity)를 검사한다. 시력의 저하는 안구의 생리적 변화와 함께, 노인에게서 발생하는 백내장이나 녹내장, 당뇨와 같은 질병으로 인해 발생한다. 시력이 저하되면 지도를 확인하거나 자동차의 계기판을 확인하는데 어려움이 발생할 수 있지만, 치명적으로 교통사고의 위험이 증가한다고 보기는 어렵다[13]. 시야 범위가 축소되는 가용 시각장(Useful Field of View: UFOV)의 감소는 운전 중 교통표지판을 확인하거나 옆 차선의 자동차나 보행자를 확인하는 데 어려움이 있을 수 있어서 가용 시각장이 감소된 운전자는 가용 시각장이 감소하지 않은 운전자와 비교하면 교통사고 경험이 6배 이상 많다고 보고되었다[14]. 대비 민감도(contrast sensitivity)는 어두운 곳에서 전경과 배경을 구분하는 능력으로 노인의 경우에는 사물을 구분하는데 있어서 젊은 성인에 비해 3배 정도 어려움을 느끼며, 특히 안개가 끼거나 날씨가 흐리거나 어두운 환경에서는 구분이 어려워 교통사고의 위험이 증가할 수 있다[6][15].

2) 인지 기능(Cognitive function)

고령자의 노화로 인한 인지 기능(인지 및 지각 기능)의 변화를 알아보기 위해서 기억력(memory), 시각지각 및 처리 과정(visual perception/procession), 주의력(attention), 실행 기능(executive function), 언어, 이해력(insight) 등을 평가한다.

노화에 따른 인지 기능 장애는 나이가 증가함에 따라 증가율이 높아지므로 이에 따라 교통사고 발생률이 증가할 수 있다. Preffer 등(1987)은 지역사회 거주 중인 85세 이상 노인의 인지검사를 했을 때 약 20%에서 인지장애가 나타난 것으로 보고한 연구도 있는 만큼, 인지 기능 장애는 노인 인구에서 빈번히 발생한다[16].

인지 기능 장애는 주의력 저하, 시각적 인지 곤란 및 판단력 장애 등으로 나타나며 인지 기능 장애가 있는 사람은 예기치 못한 상황에서 문제가 발생했을 때 현상을 인지하고 파악하여 대처하는 능력이 감소한다. 실제로 운전 상황은 복잡하고 산만한 환경이며 자동차나 사람이 움직인다. 이때 노화로 인해 인지 기능이 저하되면 뇌에서 정보를 받아들이고 처리하고 판단하는 시간이 젊은 성인에 비해 지연되며, 시간 지연과 함께 잘못된 판단을 하는 판단력 저하 등의 문제가 발생할 수 있다[6][17]. 또한, 고령 운전자의 기억력 감퇴는 개정된 교통신호나 교통정보를 기억하기

어렵고 정보를 체계적으로 뇌에 저장하지 못하여 일반적인 교통상황에서도 신호체계나 표지판 등을 기억하지 못하는 등 위험 상황에 놓일 가능성이 크다. 특히 장기기억보다 감각기억과 단기기억력이 저하되는 양상을 보여 노화로 인해 발생할 수 있는 인지 기능 저하는 젊은 연령층에 비해 새로운 환경에 놓이는 교통상황에서 적응하기 어렵다고 볼 수 있다[5].

3) 운동/체성감각(motor/somatosensory) 기능

노화로 인한 운동 및 체성감각 기능의 영역에는 근력, 지구력, 유연성, 관절 안정성 등이 포함되며, 노화로 인한 변화 외에도 골관절염이나 기타 근골격계 질환 등으로 인해 심한 통증이 발생하면 운전하는 데 영향을 줄 수 있다. 노화로 인한 근골격계의 변화는 근력 약화와 움직임의 속도 감소가 대표적이다. 근감소증은 70세 이상의 노인에서는 22%, 80세 이상에서는 50%가 발생할 정도로 노인 인구에서 발생률이 높으며 근감소증이 발생했을 때 운동기능이 현저하게 저하된다[18]. 근감소증 등의 근력 감소 외에도 움직임의 속도가 느려지는 문제는 운전시 현재 직면한 교통상황을 올바른 인지하고 판단했어도 수행하는 운동 속도가 느려 적절한 시기에 브레이크를 밟아 제동하지 못하거나 핸들 조작을 빠르게 하지 못하는 등 방어운전이 어려울 수 있다. 이에 따라 교통사고 발생률이 증가하거나 교통사고시 피해 정도가 심해질 수 있다[4][6].

운동/체성감각 기능 검사에서는 기능적 관절 가동범위(functional range of motion), 고유수용성 감각(proprioception), 지구력(endurance) 기능을 검사한다.

지구력(Endurance): 운전하기 위해 자동차에 올라타고, 안전띠를 착용할 수 있는 운동 능력, 운전 중 앉은 자세를 유지하는 능력 등을 확인한다. 수면장애가 있거나 피로를 유발하는 질환이 있으면 운전 중 피로를 쉽게 느끼고 장거리 운전은 어려울 수 있다.

기능적 관절 가동 범위(Functional Range of Motion): 운전자는 운전하는 동안 핸들, 가속 페달, 브레이크 페달, 방향 지시등, 상향등, 와이퍼 등을 조작한다. 특히 목을 좌우로 회전하는 관절 가동범위는 사각지대를 확인하는 데 중요하다.

고유수용성 감각(proprioceptions): 운전자는 가속이나 감속을 위해 브레이크 페달이나 가속 페달을 밟고 있는 감각이 있어야 한다. 당뇨병이 있는 환자의 경우에는 감각의 소실로 인해 이러한 부분이 어려울 수 있다.

2.3 운전상태와 기능을 평가하는데 사용되는 도구

1) 운전상태 선별검사(screening): 자가 기입식 설문(Self-assessment tools)

현재 운전상태와 건강상태 등의 기능 평가 시 자가 기입식 설문지(Self-assessment tools)를 사용하거나 의학 및 운전 재활 전문가가 의학적 평가를 시행하여 확인한다. 미국 노인 협회에서는 고령 운전자의 현재 운전상태와 관련하여 운전자와 보호자가 노화로 인한 신체 변화를 자각하고 있는지를 확인하기 위해 운전습관 검사지(Driving Habits Questionnaire)로 검사하고, 결과를 확인하여 필요한 경우에 의학적 평가를 시행한다.

그러나 자가 기입식 평가도구의 결과와 실제 운전에 필요한 신체적성과의 상관관계를 확인한 연구에서 상관관계가 낮은 상관관계를 보여 단순히 이 결과에 의존하기보다는 가능한 전문가의 의학적 평가를 시행하는 것을 권장한다[19]. Table 3에서는 현재 사용하고 자가 기입식 평가도구의 명칭을 제시하였다[20].

Table 3. Self-Assessment Tools for Safe-Driving

Types	Tools
Self-Assessment Tools	Testing Driver Safety
	A 15-question self-rating driving questionnaire, AAA's Drivers 65 Plus
	The Driving Decisions Workbook
	The Fitness to Drive Screening Measure
	The SAFER Driving Survey

2) 운전상태 선별검사(screening): 전문가에 의한 의학적 평가

미국의 경우에는 정신과 의사나 운전재활 전문가가 운전상태를 확인하기 위한 전문가 평가를 시행하며, 우리나라에서는 운전재활 전문가가 평가하고 있다. 노화로 인한 기능의 변화를 검사하기 위한 도구는 Clinical Assessment of Driving Related Skills(CADReS)을 사용하여 기능적 영역에 따라 평가한다. 이 평가도구 외에도 각 영역을 별도로 평가할 수 있다. Table 4에서는 CADReS의 각 영역별 검사도구를 제시하였다[20].

미국 AGS의 고령 운전자의 평가와 카운슬링을 위한 임상 가이드에서는 평가 순서를 1번부터 8번의 순으로 평가하도록 제시하고 있다.

1. 시력검사(Snellen E Chart)
2. 시야 검사(Visual fields by confrontation testing)
3. 빠른 걸음 걷기(Rapid Pace Walk), 또는 일어나서 걷기(Get Up and Go)

4. 기능적 관절가동범위(functional range of motion)
5. 미로검사(Maze Test)
6. 몬트리올 인지평가(Montreal Cognitive Assessment: MoCA)
7. 선 추적 검사(Trail-Making Test): Part A 실시 후 Part B를 실시
8. 시계그리기 검사(Clock-Drawing Test)

Table 4. Clinical Assessment of Driving Related Skills (CADReS)

Assessment areas	Factors	Recommendation Tools
General	Driving history	Driving Habits Questionnaire
	IADLs questionnaire	AD8TM Dementia Screening Interview
	Medication review	
Vision	Visual acuity	Snellen chart
	Visual fields	
	Contrast sensitivity	Pelli-Robson contrast sensitivity chart
Cognitive	Cognitive function	Montreal Cognitive Assessment
		Trail-Making Test Part A and B
		Mini-Mental State Examination; MMSE
		Clock-Drawing Test
		Maze test
Motor	Strength, Speed	Rapid Pace Walk
	Strength, Speed	Get Up and Go
	Range of Motion	Head & neck, ankle ROM
	Balance	Functional Reach Test

III. Discussion

1. Current Status and Proposal of Evaluation of Older Drivers in Korea

노인이 생활하는 데 있어서 자가운전은 노후 활동 참여에 있어서 독립성과 자율성을 증가시키는 중요한 교통수단이다. 고령 운전자가 운전을 중단하게 되면 사회생활과 외부활동의 빈도가 줄고, 우울증이 심해지는 문제가 발생하며, 삶의 만족감이 낮아지므로, 고령 운전자에게 나이가 많다는 이유만으로 단정적으로 운전을 중단시키는 것은 사회적으로 적절한 해결방법이 될 수 없다. 따라서, 운전과 관련 있는 신체 기능의 요소에 대한 적절한 평가를 시행함으로써 고령 운전자가 본인과 타인의 안전을 유지하

면서 독립성과 자율성을 유지하도록 하는 것이 중요한 과제라 볼 수 있다.

우리나라에서는 고령 운전자의 면허 갱신 시 기본적인 신체적 검사를 마친 후, 인지능력 자가진단을 간이정신상태검사(MMSE-K)와 시계 그리기 검사(Clock drawing test)를 진행하여 인지 기능의 문제 여부를 파악하고, 이후에 안전교육과 치매 여부를 확인하는 과정으로 진행하고 있다(Table 1). 앞서 제시한 미국의 고령 운전자의 검사와 카운슬링을 위한 임상가 지침서(Clinician's Guide to Assessing and Counseling Older Drivers, 4th Ed.)와 현재 우리나라에서 진행되고 있는 평가를 노화로 인한 신체 변화를 운전 능력과 가장 관련성이 높은 시각기능, 인지 기능, 운동과 체성감각 기능의 세 영역에 대해 비교하고 부족한 부분에 대해서는 필요한 검사를 제안하고자 한다.

첫째, 시각기능에는 시력, 시야, 대비 민감도 운전에 중요한 요소로 알려져 있다. 시각기능은 차선이나 표지판을 확인하거나, 움직이는 사물을 확인하는 등 운전에서 중요한 요소이다. 특히 노화로 인한 시각변화는 야간에 물체를 구분하는 능력에 영향을 줄 수 있는데, 최성열(2020)의 우리나라 고령 운전자 500명을 대상으로 고령 운전자의 운전 위험성 자가 특성을 분석한 연구에서 낮이나 날씨가 좋은 환경보다는 야간이나 빗길 운전 등 운전여건이 변화할 때 적응이 어렵다고 했다[26]. 미국의 지침서에서는 시각 평가는 시력, 시야, 대비 민감도에 대해 평가해야 한다고 했으나 현재 우리나라에서는 운전면허 신체검사 과정 중에 시력 검사만 시행하고 있다. 시력 저하는 자각할 수 있는 영역으로 문제가 있을 때 본인이 스스로 시력 검사를 하는 양상도 보였다. 그러나, 시각기능과 관련된 운전자의 교통사고 발생률에는 시력보다는 시야와 대비 민감도가 영향을 준다는 연구 결과를 보았을 때[14], 고령 운전자의 교통사고율을 감소할 목적으로는 시력에 대한 평가만으로는 충분하지 않다고 생각한다. 따라서, 우리나라에서는 시력에 대해서만 평가하고 있으므로 고령 운전자의 면허 유지를 위한 평가에서 시야와 대비 민감도에 대한 평가도 추가해야 할 것으로 생각된다.

둘째, 인지 기능은 세 영역 중에서도 가장 중요한 요소이다. 우리나라에서 실시하고 있는 인지검사는 간이정신상태 검사(Mini-Mental State Examination; MMSE)와 시계 그리기 검사이다. 그러나 스웨덴과 덴마크에서 고령 운전자의 면허 갱신하는 과정에서 의학검사와 이 두 인지검사를 시행했는데, 실질적으로 교통사고율을 감소시키지 못했다[27]. 그 이유는 간이정신상태검사와 시계 그리기 검사는 치매 환자의 진단에 사용되는 도구로 정상 노인들에게

는 인지 기능이 심각하게 저하되기 전에는 모두 만점으로 나타나는 천정 효과를 보이는 것으로 나타나 운전을 할 수 있을 정도의 건강한 노인의 인지 평가에 적합하지 않다[4]. 또한, 운전은 단순한 작업이 아닌 주의집중력과 복합적 과제를 수행을 요구한다는 측면에서 운전을 위한 인지 기능을 평가하기에 적절한 도구라고 보기 어렵다[4].

미국에서는 미로검사(Maze Test), Montreal Cognitive Assessment(MoCA), Trail-Making Test, 시계 그리기 검사를 순서대로 적용할 것을 권장하고 있는데, 미로검사(Maze test)는 주의집중력, 시각구조력(visuoconstructional ability), 계획 수행력과 예견력을 검사하기 위한 검사로 다양한 버전으로 소개되었으며, Snellgrove(2005) 연구에서는 노인에서 경증 인지능력 저하를 확인할 수 있는 검사 도구로 초기 치매를 검사하는데 사용될 수 있다고 했다[21]. MoCA는 주의력과 집중력, 실행기능, 기억력, 언어능력, 시각구조 기술(visuoconstructional skills), 개념사고력(conceptual thinking), 계산능력(calculations), 지남력(orientation)을 평가하도록 구성되어 있다[34]. Trail-Making Test는 기억력, 시각 수행력(visual processing), 시공간력(visuospatial skills), 선택과 분리주의력(selective and divided attention), 수행속도(processing speed), 심리 운동 조화력(psychomotor coordination)을 평가하기 위한 도구로 Trail-Making Tests를 잘 수행하지 못하는 운전자는 운전 능력도 저하되어 있었다[24] [33]. 따라서 Trail-Making Test는 고령 운전자의 운전과 관련된 인지 영역의 검사에서 아주 중요한 검사 중 하나로 볼 수 있지만, 현재 우리나라에서는 시행되고 있지 않다. 우리나라에서도 사용되고 있는 시계 그리기 검사는 장기기억력(long-term memory), 단기기억력(short-term memory), 시각지각력(visual perception), 시공간력(visuospatial skills), 선택적 주의 집중력(selective attention), 추상사고(abstract thinking), 실행기술(executive skills)을 검사하기 위한 도구로 이 검사에서 낮은 점수를 보이는 운전자에서 운전수행능력이 저하되어 있다는 연구 결과도 있다[35].

셋째, 운동/체성감각(motor/somatosensory) 기능영역의 검사와 관련해서 우리나라에서는 기본 신체적성 검사 외에는 운동/체성감각과 관련한 별도의 검사를 시행하고 있지 않다. 운동과 체성감각 기능과 관련하여 우예신 등(2018)의 고령자의 운전 능력 영향요인 및 측정 도구에 대한 체계적 문헌 고찰연구에서 운전 중단을 고려하는 신체적 검사에는 수행기능, 근력, 자세, 균형 등이 있다고 했

대[28]. 운전 시 움직이는 물체를 주시하면서 차선을 유지하며 운전하고, 차선을 변경하거나 회전할 때 운전대를 좌우로 돌리며, 자동차를 멈추기 위해 브레이크를 밟는 등의 동작을 수행하기 위해서는 팔다리의 근력과 관절 가동범위는 적절하게 유지해야 한다. 또한, 운전하기 위해 자동차를 타고 내리며, 운전석에서 신체를 바르게 정렬하여 운전하는 시간 동안 유지하는 근력과 지구력 모두 운전에 필요한 요소라고 볼 수 있다. 이와 관련하여 직접 평가 외에도 설문지 등을 사용하는 예도 있었는데, 운동과 체성감각 기능과 관련된 신체활동이나 운전의 어려움을 평가하기 위한 자가기재 설문지(self-report instruments)의 결과는 실제 신체활동 능력이나 운전 능력을 평가 비교한 연구에서 두 결과의 상관성이 상대적으로 낮게 보고되어 자기 기입식 설문지에 기록한 결과를 절대적으로 신뢰하기는 어렵다고 했다[29].

운전과 관련된 운동기능에는 운동 속도(motor speed), 조절능력(coordination), 균형능력(balance), 체간과 머리의 유연성(trunk and head flexibility) 등이 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 이 중 운동 속도는 간단한 과제에 대한 반응으로 측정할 수 있는데, 노인에서는 젊은 성인보다 20~500ms 더 오래 걸리며, 이러한 반응시간의 증가는 교통사고에서의 충돌과 유의한 상관관계가 있었다[22]. 운동 조절능력(Motor coordination and dexterity)도 중년 이후로 감소하기 시작하여, 노년기에는 차선을 유지하는 능력이 감소하고 위급한 상황 시 위기를 피하기 어려운 문제가 발생할 수 있다고 했다. 특히 노인에서 균형능력의 저하로 발생하는 낙상의 위험은 고령 운전자에게 있어서 낙상의 횟수가 교통사고 발생률과 상관관계가 있음이 증명되었다[23]. 체간과 목의 유연성 감소도 운전 중 차선을 변경하거나 후진을 할 때 옆이나 뒤를 돌아보는데 어려움을 줄 수 있는 요소이다.

미국에서 사용되는 운동/체성감각의 평가도구로는 빠르게 걷기 검사(Rapid Pace Walk Test), 일어나서 걷기 검사(Get Up and Go Test), 기능적 근력과 관절 가동범위 검사(Functional Strength and Range of Motion)가 있다. 빠르게 걷기 검사(Rapid Pace Walk Test)는 본인이 가능한 빠른 속도로 10걸음 걸어가서 제자리에서 돌아 시작점으로 돌아오는 검사로 9초 이상 소요되면 운전하기에 어려운 상태로 판단할 수 있다[24]. 일어나서 걷기 검사(Get Up and Go Test)는 1) 등반이 의자에서 앉아있기 2) 의자에서 일어서기 3) 잠깐 서 있기 4) 3m 정도의 거리 걷기 5) 뒤돌아서기 6) 의자로 다시 걸어오기 7) 뒤돌아서기 8) 의자에 앉기의 8가지 항목으로 구성되어 있으며, 수행능

력을 확인하여 각 항목당 1~5점을 부여한다. 1점은 정상적으로 수행할 때, 5점은 낙상의 위험이 클 때 부여한다. 각 항목의 움직임 수행 시 의도하지 않게 느려지거나, 망설이거나, 팔다리/체간에서 비정상적인 움직임이 발생하면 낙상의 가능성이 있다고 판단하여 중간점수를 부여하며, 3점 이상일 때 낙상의 위험이 있다고 판단할 수 있다[25].

기능적 근력과 관절 가동범위 검사(Functional Strength and Range of Motion)는 몸의 양측을 모두 수행하도록 하여 기능적으로 제한이 없는지, 움직임 시 통증이 있는지, 움직이기를 망설이는지 등을 확인한다. 검사는 5가지 동작을 시행한다. 1) 목 회전(neck rotation): 운전할 때 뒤를 돌아보는 것처럼 한쪽으로 회전하고, 반대 방향으로도 수행한다. 2) 어깨관절과 팔꿈치관절의 굽힘(shoulder and elbow flexion): 운전대를 잡는 것처럼 고정하고, 오른쪽으로 운전대를 회전하고, 왼쪽으로 회전한다. 3) 손가락 굽힘(finger curl): 양손 주먹을 쥐다. 4) 발목관절의 발바닥 쪽 굽힘(ankle plantar flexion): 페달을 밟고 있는 것처럼 발목을 발바닥 쪽으로 굽히고, 다른 발도 같은 동작을 수행한다. 5) 발목관절의 발등 쪽 굽힘(ankle dorsiflexion): 발가락을 머리 쪽으로 들어 올린다. 이와 같은 관절 가동범위에 대한 검사를 비롯하여 운동/체성감각에 대한 평가는 안전 운전을 하는데 중요한 요소이지만 우리나라에서는 이 요소를 전혀 고려하고 있지 않으므로 이에 대한 평가도 추가로 시행해야 한다고 생각한다.

2. Recommendations for Safe Driving in Older Age

안전 운전과 관련하여 노화가 진행됨에 따라 기능이 소실되고 이는 운전 기술과 운전자 간의 상호작용에도 영향을 줄 수 있으므로 이에 대해 먼저 기술하였다. 그러나, 운전자의 기능 외에도 교통 환경과 차량 환경도 점검할 필요가 있다. 환경은 더욱 사고 발생의 위험을 낮출 수 있도록 구조적인 환경을 단순화하는 것이 필요하며, 차량에는 내비게이션과 같이 정보를 제공해주는 시스템(In-vehicle information systems: IVIS)이 도움이 될 수 있다[30]. 또한, 운전자 개인에게는 안전 운전에 대한 전략을 제공하고 훈련하는 것이 도움이 될 수 있다[31].

고령 운전자의 안전성을 높이기 위해 운전하는 데 영향을 줄 수 있는 노화로 인한 신체 능력과 지각 능력에 대한 적응과 보상행동, 운전습관을 스스로 조절하는 능력 등을 포함한 전략과 안전 운전을 위한 정보 등을 포함한다. 시행되고 있는 예에는 노인 안전 운전 교실(senior driving class), 정보 안내지 제공, 의학 전문가나 웹사이트를 통해서 운전 습관, 운전을 유지하기 위한 피트니스 상태, 안전

운전을 위한 정보 제공을 들 수 있다. 노화로 인한 신체 능력과 지각력의 문제는 페달이나 광각거울로 교체하는 등 보조 장비를 부착하여 해결할 수 있는 것도 있다. 최근에는 노령운전자 스스로 교통 체증되는 시간이나 야간 운전은 피하는 등의 자기 조절(self-regulation)을 통해 교통 사고율을 감소시키기도 한다. 이 외에도 노인에게 있어서 신체활동은 지구력증진, 혈압감소, 근력 증진, 일상생활 활동 증진, 낙상의 위험 감소 등 신체적 웰빙에도 큰 영향을 주며, 정신건강과 정서에도 긍정적인 영향을 끼친다. 특히, 신체활동은 실행기능, 기억력, 주의집중력, 빠르게 과제를 수행하는 능력, 공간 지각력을 높이는 등 인지 기능에도 영향을 준다는 과학적 근거들이 지속해서 제시되고 있으므로, 이러한 요소들은 교통사고의 위험을 감지하고 이를 피하고자 할 때 필요한 요소이기도 하다[32].

IV. Conclusions

우리나라의 노령인구가 지속해서 증가하고 있고, 이러한 고령 운전자가 안전한 상태에서 운전 능력을 유지하는 것이 중요한 사회적 문제로 대두되고 있다. 고령 운전자가 안전한 운전수행을 할 수 있도록 다양한 기능적 상태 변화를 인식하고 사고를 예방하는 과정은 개인과 사회적 차원에서 중요한 의미가 있다[27]. 다른 나라의 사례와 기존 연구들을 고찰한 결과 현재 우리나라에서 진행되고 있는 고령 운전자의 면허 갱신제도는 많은 개선이 필요한 것으로 생각된다.

고령 운전자의 사고 발생률과 사망률 증가를 감소시키기 위해서는 신체적 능력에 대한 요소 중 시각기능 평가에서는 시력만을 평가하고 있으나, 시야의 범위와 대비 민감도에 대한 평가가 필요하다. 인지 기능 평가에서는 현재의 평가로는 중증 인지 손상 정도를 파악할 수 있는 검사만이 진행되고 있으므로 경증 인지 손상을 확인할 수 있는 평가의 시행이 필요하다. 마지막으로 운동 및 체성감각 기능영역에 대해서는 전혀 평가되고 있지 않으므로 노인운전자를 대상으로 빠르게 걷기 검사 등 운동 및 체성감각 기능영역에 대한 검사에 대한 평가를 시행하는 연구가 필요하다고 생각한다.

이러한 평가 영역 외에 안전 운전을 위한 다양한 정보를 교육하고 훈련하며 필요한 안전장비를 갖추게 하는 것도 도움이 되므로 이에 대한 프로그램 개발이 필요하다고 생각하며, 꾸준한 신체활동과 운동도 고령 운전자의 신체적 기능과 인지 기능을 유지하는 데 긍정적인 영향을 미치므로 노령운전자에게 권고할 만한 사항이라고 생각한다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Sangji Univ (2019). Research Grant.

REFERENCES

- [1] D. McGregor, "Driving over 65: proceed with caution," *J Gerontol Nurs*, Vol. 28, No. 8, pp. 22-26, Aug. 2002.
- [2] S. Bassuk, T. Glass, L. Berkman, "Social disengagement and incident cognitive decline in community-dwelling elderly persons". *Ann. Int. Med.*, Vol. 131, No. 3, pp. 165-173, Aug. 1999. DOI: 10.7326/0003-4819-131-3-199908030-00002
- [3] S. Fonda, R. Wallace, and A. Herzog, "Changes in driving patterns and worsening depressive symptoms among older adults," *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, Vol. 56, No. 6, pp. S343-351, Nov. 2001. DOI: 10.1093/geronb/56.6.s343.
- [4] M. Karthaus, M. Falkenstein, "Functional Changes and Driving Performance in Older Drivers: Assessment and Interventions," *Geriatrics (Basel)*, Vol. 1, No. 2, pp. 1-18, May 2016. DOI: 10.3390/geriatrics1020012.
- [5] S. Wee, "A Study on the Prevention of Traffic Accidents due to the Elderly Population Growth: Centered on Seoul city," Master's thesis, Jungwon University 2019, Guisan, Korea.
- [6] W. Lee, K. Kim, J. Oh, "A Study on the Major Factor of High-risk Driver Groups' Accidents: Focusing on Elderly Drivers," *Road Traffic Authority*, pp. 2-54, 2015.
- [7] L. Evans, "Traffic safety and the driver," Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [8] M. Choi, "An Analysis on the Driving Aptitude Test for Elderly Drivers : For Better Development," National Assembly Research Service, 2020.
- [9] S. Chang, "Driving in Late Life," *J Korean Geriatr Psychiatry*, Vol. 14, pp. 15-19. 2010.
- [10] K. Choi, M. Kim, "Australian Older Driver's Licence Management System Analysis and Lessons for the South Korean Accident Prevention Policies : Public Safety Perspectives," *Korean Criminal Psychology Review*, Vol.13, No.1, pp. 255-276, 2017.
- [11] I. Kamenoff, "Assessing elderly people to drive - Practical considerations," *Aust Fam Physician*, Vol. 37, No. 9, pp. 729-732, Sep. 2008.
- [12] J. Craik, "Occupational therapists lead a national injury prevention strategy to help older drivers," *Can J Occup Ther.* Vol. 78, No. 2, pp. 137-140, Apr. 2011. DOI: 10.2182/cjot.2011.78.2.9.
- [13] G. McGwin, S. Sarrels, R. Griffin, C. Owsley, L. Rue, "The impact of a vision screening law on older driver fatality rates,"

- Arch Ophthalmol, Vol. 126, No. 11, pp. 1544-1547, Nov. 2008. doi: 10.1001/archophth.126.11.1544.
- [14] K. Ball, C. Owsley, M. Sloane, D. Roenker, J. Bruni, "Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers," Invest Ophthalmol Vis Sci. Vol. 34, No. 11, pp. 3110-3123, Oct. 1993.
- [15] B. Dobbs, "*Medical Conditions and Driving: Current Knowledge (NHTSA Contract Number DTNH22-94-G-05297)*". Association for the Advancement of Automotive Medicine. Barrington, IL, 2002.
- [16] R. Pfeiffer, A. Afifi, J. Chance. "Prevalence of Alzheimer's disease in a retirement community," Am J Epidemiol. Vol. 125, No. 3. Mar. 1987. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a114548.
- [17] N. Charness, E. Bosman, "*Human factors and age. In The Handbook of Aging and Cognition,*" pp. 495-551. Lawrence Erlbaum: Hillsdale, NJ, USA, 1992.
- [18] A. Guccione, R. Wong, D. Avers. "*Geriatric Physical Therapy (3rd Ed.)*," pp. 25-42, Mosby, 2011.
- [19] A. Dickerson, L. Molnar, M. Bédard, D. Eby, S. Classen, J. Polgar, J. "Transportation and Aging: An Updated Research Agenda for Advancing Safe Mobility," J Appl Gerontol. Vol. 38, No. 12, pp. 1643-1660, Dec. 2019. DOI: 10.1177/0733464817739154.
- [20] American Geriatrics Society (AGS) and the National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), "*Clinician's Guide to Assessing and Counseling Older Drivers,*" American Geriatrics Society, 2019.
- [21] C. Snellgrove, "Cognitive screening for the safe driving competence of older people with mild cognitive impairment or early dementia," Canberra, AU: Australian Transport Safety Bureau. 2005.
- [22] K. Margolis, R. Kerani, P. McGovern, T. Songer, J. Cauley, K. Ensrud, Study Of Osteoporotic Fractures Research Group, "Risk factors for motor vehicle crashes in older women," J Gerontol A Biol Sci Med Sci. Vol.57, No. 3, pp. M186-M191, Mar 2002. DOI: 10.1093/gerona/57.3.m186.
- [23] C. Huisingsh, G. McGwin, K. Orman, C. Owsley, "Frequent falling and motor vehicle collision involvement of older drivers," Vol. 62, No. 1, pp. 123-129, Jan. 2014. DOI: 10.1111/jgs.12594. Epub 2013 Nov. 26.
- [24] L. Staplin, K. Gish, E. Wagner, "MaryPODS revisited: updated crash analysis and implications for screening program implementation," J Safety Res. Vol. 34, No. 4, pp. 389-397, 2003. DOI: 10.1016/j.jsr.2003.09.002.
- [25] S. Mathias, U. Nayak, B. Isaacs, "Balance in elderly patients: the "get-up and go" test," Arch Phys Med Rehabil. Vol. 67, No. 6, pp.387-389. Jun. 1986 .
- [26] S. Choi, "Analyzing Driving Risk Self-Perception Characteristics of Elderly Drivers," Journal of Convergence for Information Technology. Vol. 10, No. 7. pp.223-231, 2020.
- [27] A. Siren, A. Meng, "Cognitive screening of older drivers does not produce safety benefits," Accid Anal Prev, Vol. 45, pp. 634-638, Mar. 2012. DOI: 10.1016/j.aap.2011.09.032.
- [28] Y. Woo, G. Shin, S. Park, H. Park, "Factors Influencing Driving ability and Its Measurements in Older Driver: A Systematic Review." The Korean Gerontological Society, Vol. 38, No. 1, pp. 225-241, 2018.
- [29] W. Spirduso, L. Poon, W. Chodzko-Zajko. "*Exercise and It's Mediating Effects on Cognition,*" Champaign, IL: Human Kinetics; 2007.
- [30] M. Horswill, A. Hill, M. Wetton, "Can a video-based hazard perception test used for driver licensing predict crash involvement?" Accid Anal Prev. Vol. 82, pp. 213-219, Sep. 2015. DOI: 10.1016/j.aap.2015.05.019.
- [31] D. Miller, J. Morley J. "Attitudes of physicians toward elderly drivers and driving policy," J Am Geriatr Soc. Vol. 41, No. 7, pp. 722-724. Jul. 1993. DOI: 10.1111/j.1532-5415.1993.tb07460.x..
- [32] A. Carvalho, I. Rea, T. Parimon, B. Cusack. "Physical activity and cognitive function in individuals over 60 years of age: a systematic review," Clin Interv Aging, Vol.12, No. 9. pp. 661-682. Apr. 2104. DOI: 10.2147/CIA.S55520.
- [33] J. Edwards, K. Leonard, M. Lunsman, J. Dodson, S. Bradley, C. Myers, B. Hubble, "Acceptability and validity of older driver screening with the Driving Health Inventory," Accid Anal Prev, Vol. 40, No. 3, pp. 1157-1163, May. 2008. DOI: 10.1016/j.aap.2007.12.008.
- [34] J. Kwok, I. Gélinea, D. Benoit, G. Chilingaryan, "Predictive validity of the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) as a screening tool for on-road driving performance," British Journal of Occupational Therapy, Vol. 78, No. 2, pp. 100-108, Feb. 2015. DOI: 10.1177/0308022614562399.
- [35] B. Freund, S. Gravenstein, R. Ferris, E. Shaheen, "Evaluating driving performance of cognitively impaired and healthy older adults: a pilot study comparing on-road testing and driving simulation," Vol. 50, No. 7, pp. 1309-1310. Jul. 2002. DOI: 10.1046/j.1532-5415.2002.50325.x.

Authors



So-Yeon Park received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Physical Therapy from Yonsei University, Korea, in 1996, 2001 and 2005, respectively. She is currently a Professor in the Department of Physical

Therapy, Sangji University. She is interested fitness for rehabilitation, therapeutic exercise, taping techniques and development of outcome measures.