

# Aktuelle Evidenzlage zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit von Menschen mit kognitiven Einschränkungen: Ein systematisches Review

## Current Evidence for Assessing Fitness to Drive of People with Cognitive Impairment: A Systematic Review



Autorinnen/Autoren

Linda Karrer, Elisabeth Pflieger, Peter Kolominsky-Rabas

### Institute

Interdisziplinäres Zentrum für Health Technology Assessment (HTA) und Public Health (IZPH), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Erlangen, Deutschland

### Schlüsselwörter

Menschen mit Demenz, MCI, Überprüfung der Fahrtauglichkeit, Kognitive Beeinträchtigung, Fahrperformanz

### Key words

People with dementia, MCI, Fitness to drive, Driving performance

online publiziert 24.01.2022

### Bibliografie

Gesundheitswesen 2023; 85: 354–363

DOI 10.1055/a-1690-6940

ISSN 0941-3790

© 2022. The Author(s).

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purpose, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14,  
70469 Stuttgart, Germany

### Korrespondenzadresse

Linda Karrer

Interdisziplinäres Zentrum für Health Technology Assessment (HTA) und Public Health (IZPH)

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)

Schwabachanlage 6

91054 Erlangen

Deutschland

[linda.karrer@fau.de](mailto:linda.karrer@fau.de)

### ZUSAMMENFASSUNG

**Einleitung** Aufgrund der hohen Prävalenz demenzieller Erkrankungen handelt es sich bei der Überprüfung der Fahrtauglichkeit von Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen um ein Thema von großer gesellschaftlicher Relevanz.

**Methodik** Es wurde eine umfassende systematische Literaturrecherche zu der Forschungsfrage: „Welche evidenz-basierten Methoden eignen sich zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit von Menschen mit Demenz (MmD) oder milden kognitiven Einschränkungen (MCI)?“ für den Zeitraum 2015–2020 durchgeführt. Die Recherche erfolgte in den Datenbanken Medline, PsycINFO, LIVIVO, PubPsych, Scopus, Cinahl und CENTRAL.

**Ergebnisse** 30 Studien wurden in die qualitative Analyse eingeschlossen. Die Fahrtauglichkeit kann mit praxisbasierten Testverfahren wie Praxisfahrttest (On-road), Fahrsimulator und Fahrverhaltensbeurteilung im natürlichen Umfeld (Naturalistic Driving) beurteilt werden. Theoriebasierte Methoden sind: neuropsychologische Tests, fahrspezifische Testungen und Fragebögen zur Selbsteinschätzung. Die Studienlage zeigt, dass einzelne neuropsychologische Tests nicht zur Bestimmung der Fahrtauglichkeit ausreichen. Eine höhere Aussagekraft haben praxisbasierte Testverfahren, fahrspezifische Testungen sowie Kombinationen aus evidenz-basierten Methoden.

**Schlussfolgerungen** Die Überprüfung der Fahrtauglichkeit von Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen sollte angesichts des progredienten Verlaufs demenzieller Erkrankungen engmaschig durch eine Kombination aus theorie- und praxis-basierter Methoden erfolgen.

### ABSTRACT

**Background** Assessment of driving ability in people with cognitive impairment is a topic of great social relevance due to the high prevalence of dementia.

**Methods** A comprehensive systematic literature review was conducted on the research question, “Which evidence-based methods are suitable for assessing the fitness to drive of people with dementia or mild cognitive impairment?” for the period 2015–2020. The search was conducted in the Medline, PsycINFO, LIVIVO, PubPsych, Scopus, Cinahl, and CENTRAL databases.

**Results** Thirty studies were included in the qualitative analysis. Driving ability can be assessed with practice-based testing procedures such as On-road Driving, Simulator, and Naturalistic Driving. Theory-based methods include neuropsychological testing, driving-specific testing, and self-assessment questionnaires. Studies show that single neuropsychological tests are not sufficient to determine fitness to drive. Practice-based test

procedures, driving-specific tests, and combinations of evidence-based methods have a higher informative value.

**Conclusions** In view of the progressive course of dementia, the assessment of driving ability of people with cognitive impairment should be performed in a close-meshed way by a combination of theory- and practice-based methods.

## Einleitung

Bei der Überprüfung der Fahrtauglichkeit von Menschen mit Demenz (MmD) oder milden kognitiven Einschränkungen (MCI) handelt es sich um ein Thema von großer gesellschaftlicher Relevanz, da aufgrund der hohen Prävalenz demenzieller Erkrankungen ein Großteil der deutschen Bevölkerung damit konfrontiert ist [1]. Zum Erhalt der sozialen Teilhabe älterer Menschen am gesellschaftlichen Leben ist es erstrebenswert, die Möglichkeit der aktiven Teilnahme am Straßenverkehr möglichst lange zu erhalten [2].

Insbesondere in ländlichen Gegenden mit unzureichender Anbindung an den öffentlichen Nahverkehr sind ältere Menschen zum Erhalt ihrer Mobilität häufig auf das Autofahren angewiesen. Aufgrund dessen wird in der aktuellen Nationalen Demenzstrategie für eine verstärkte Entwicklung von Mobilitätskonzepten für MmD plädiert [3]. Konkret wird gefordert, den Ausbau von alternativen Mobilitätsangeboten für MmD zu fördern und vermehrt über die Möglichkeit, eine Parkerleichterung für MmD zu beantragen, aufzuklären [3].

Neben den Menschen mit kognitiven Einschränkungen sind deren Angehörige unmittelbar betroffen und stellen sich häufig die Frage, ob und wie lange es noch zu verantworten ist, dass die betroffene Person aktiv am Straßenverkehr teilnimmt. Aufgrund der unterschiedlichen Formen und Ausprägungen wie auch des progredienten Verlaufs einer Demenzerkrankung sind diese Fragen nicht leicht zu beantworten. Diese Komplexität zeigt sich auch dadurch, dass Bestimmungen zur Fahrerlaubnis von MmD international unterschiedlich geregelt sind [4].

Die gültige deutsche S-3 Leitlinie „Demenzen“ von Januar 2016 empfiehlt, auf spezifische Symptome zu achten, welche die Fahrtauglichkeit bei einer Demenz beeinträchtigen. Diese sind neben Orientierungsstörungen insbesondere eine eingeschränkte Reaktionsfähigkeit, Beeinträchtigungen der Aufmerksamkeit und eine verminderte Fähigkeit, komplexe Situationen schnell zu erfassen [5]. Da es im Laufe einer fortschreitenden Demenzerkrankung zu einer Einschränkung der Fahrtauglichkeit kommt, soll laut S-3 Leitlinie frühzeitig auf Veränderungen der genannten Symptome geachtet werden, um bei Bedarf weitergehende Untersuchungen (neuropsychologische Testung, Fahrsimulator, ggf. Fahrprobe) zu veranlassen [5]. Konkrete Empfehlungen zu bestimmten Testverfahren sowie deren Evidenz-Basierung zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit werden nicht explizit genannt.

Ziel des vorliegenden systematischen Reviews ist es, evidenzbasierte Methoden zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit von MmD oder MCI vorzustellen.

## Methodik

### Suchstrategie und Datenbanken

Bei der Erstellung des systematischen Reviews folgten die Autoren den Empfehlungen des „*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*“ (PRISMA) [6, 7]. Um eine präzise Fragestellung zu formulieren, wurde das PICO-Schema herangezogen.

Es wurde eine umfassende Literaturrecherche in den Datenbanken Medline, PsycINFO, LIVIVO, PubPsych, Scopus, Cinahl und CENTRAL (Cochrane Library database) durchgeführt.

### Qualitätsbeurteilung

Die Checkliste „*Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology*“ (STROBE) wurde zur kritischen Analyse der in das systematische Review eingeschlossenen Studien herangezogen [8, 9] (siehe Internet Supplement).

### Auswahl der Studien

Der Prozess der Studienauswahl wird in ► **Abb. 1** dargestellt. Die Auswahl der Studien entsprechend der Einschlusskriterien wurde von zwei unabhängigen Autoren (LKA, EPF) durchgeführt. Nach Entfernung von Duplikaten wurden 2225 Titel und Abstracts gesichtet. Davon wurden im nächsten Schritt 36 Studien nach Sichtung der Volltexte ausgeschlossen (► **Tab. 1**).

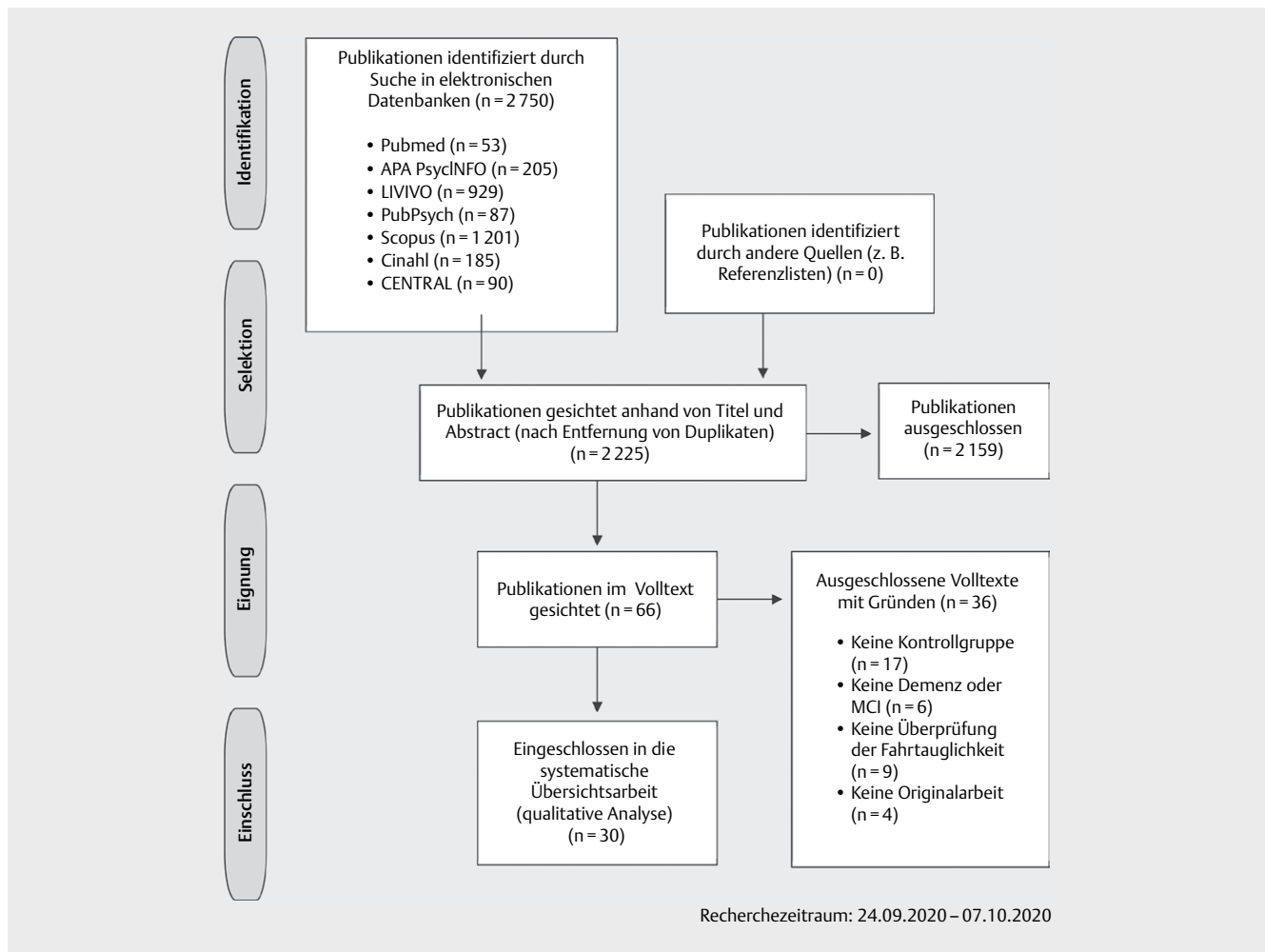
## Ergebnisse

### Ergebnisse der eingeschlossenen Studien

In das systematische Review wurden 30 Studien eingeschlossen. Eine inhaltliche Übersicht der eingeschlossenen Studien wird in ► **Tab. 2** dargestellt. Grundsätzlich kann zwischen praxis- und theoriebasierten (*office-based*) Testverfahren unterschieden werden. Praxisbasierte Testverfahren sind: Praxisfahrttest (On-road), Fahrsimulator und Fahrverhaltensbeurteilung im natürlichen Umfeld. Theoriebasierte Methoden sind: neuropsychologische Tests, fahrerspezifischen Testungen und Fragebögen zur Selbsteinschätzung. Im Folgenden werden zunächst die praxisbasierten Methoden, welche in den Studien zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit untersucht wurden, vorgestellt.

### Praxisfahrttest (On-road)

Der Praxisfahrttest (*On-road*) gilt als „Goldstandard“ zur Beurteilung der Fahrperformanz und wird häufig in Studien zur Überprüfung der Fahrsicherheit eingesetzt [10, 11, 13, 15, 16, 18, 28, 31–36]. Die Beurteilung der Fahrperformanz erfolgt durch spezialisierte



► **Abb. 1** PRISMA Flussdiagramm zur Studienselektion. Quelle: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097.

► **Tab. 1** Selektionskriterien der systematischen Literaturanalyse.

Kriterien	Einschluss	Ausschluss
<b>Population</b>	Menschen mit Demenz unabhängig von Alter, Demenztyp und -schweregrad (Alzheimer Typ, vaskuläre Demenz, Lewy-Körperchen-Demenz, frontotemporale Demenz), Menschen mit milden kognitiven Beeinträchtigungen (MCI)	Keine Demenzerkrankung, keine MCI, andere Erkrankungen
<b>Endpunkte</b>	Überprüfung der Fahrtauglichkeit	
<b>Publikationssprache</b>	Deutsch, Englisch	Andere Sprachen
<b>Veröffentlichungszeitraum</b>	2015–2020	Veröffentlichung vor 2015
<b>Publikationsformate</b>	Originalarbeiten	Andere Publikationsformate, (z. B. Reviews, Bücher, Dissertationen, Fallstudien, Kommentare, Leserbriefe, Studienprotokolle, Leitlinien, unveröffentlichte Studien)

Ergotherapeut\*innen oder Fahrprüfer\*innen mithilfe standardisierter Beurteilungsschemata. Die Fahrperformanz aller Teilnehmenden verschlechterte sich unter herausfordernden Bedingungen oder bei Ablenkung durch zusätzliche Aufgaben [10, 35]. In einigen Studien zeigten Menschen mit kognitiven Einschränkungen insgesamt eine schlechtere Fahrperformanz als kognitiv Gesunde [11, 15, 33, 34]. Andere Studien legten hingegen dar, dass kogniti-

ve Einschränkungen allein kein signifikanter Prädiktor für die Fahr-sicherheit sind [10, 18, 32, 35].

Der Praxisfahrttest Enhanced Road Test (ERT) setzt sich aus standardisierten Aufgaben zusammen und verfolgt das Ziel, Individuen mit nachlassender Fahrsicherheit zuverlässig identifizieren zu können [28]. Er dauert ca. 45–55 Min. und ist folgendermaßen aufgebaut: Pre-Test (z. B. Überprüfung von Basiswissen zur Fahrsicher-

► Tab. 2 Übersicht der eingeschlossenen Studien.

Autor	Jahr	Land	Verwendete Testmethoden	Studienpopulation, n	Studiendesign	Studienziel
<b>Aksan</b>	2015	USA	Praxisfahrttest (On-road) Neuropsychologische Testung Visuell-sensorische Testung	MmD (AD) n = 32 Parkinson n = 39 KG n = 77	Querschnittstudie	Einfluss kognitiver Defizite auf die Fahr-sicherheit älterer Fahrer*innen. Identifikation prädiagnostischer Faktoren und krankheitsspezifischer Muster. Auswirkung von Ablenkung auf die Fahr-sicherheit.
<b>Anstey</b>	2017	Australien	Praxisfahrttest (On-road) Neuropsychologische Testung Fahr-spezifische Tests Fragebogen zur Fahr-sicherheit	MCI n = 57 KG n = 245	Querschnitt	Bewertung der Fahr-sicherheit von Menschen mit und ohne MCI durch neurologische Testung.
<b>Barco</b>	2015	USA	Praxisfahrttest (On-road) Neuropsychologische Testung	MmD n = 60 KG n = 32	Querschnittstudie	Unterscheidung der Fahr-sicherheit nach Art und Anzahl von Menschen mit Demenz mit bestandenem Fahrttest im Vergleich zu nicht bestandenem.
<b>Beratis (a)</b>	2017	Griechenland	Fahrsimulator Neuropsychologische Testung Fragebogen zu depressiven Symptomen	MCI n = 24 KG n = 23	Querschnittstudie	Untersuchung des Zusammenhangs zwischen depressiven Symptomen und Fahrverhalten von Menschen mit MCI.
<b>Beratis (b)</b>	2017	Griechenland	Fahrsimulator Neuropsychologische Testung	MCI n = 13 KG n = 12	Querschnitt	Auswirkung von Ablenkung auf die Fahr-sicherheit von Menschen mit MCI; gemessen an Reaktionszeit bei unerwarteten Ereignissen und Unfallwahrscheinlichkeit.
<b>Crivelli</b>	2019	Argentinien	Praxisfahrttest (On-road) Fahrsimulator Neuropsychologische Testung	MmD (mild) n = 28 KG n = 28	Querschnittstudie	Beurteilung der Fahr-tauglichkeit von MmD durch kognitive Tests.
<b>Davis</b>	2018	USA	Naturalistic Driving Neuropsychologische Testung	MmD (AD) n = 44 KG n = 16	Querschnittstudie	Entwicklung und Untersuchung einer halb-automatisierten Analyse-methode. Analyse des Naturalistic Driving nach Art und Schwere der Fahr-sicherheit (z. B. abruptes Anhalten, Fahr-spurabweichung, Verhalten an Kreuzungen). Identifikation von Prädiktoren für Fahr-sicherheit.
<b>Duncan-son</b>	2018	USA	Praxisfahrttest (On-Road) Neuropsychologische Testung Fahr-spezifischer Test	Gesamt n = 373 Kognitive Einschränkungen: 45% (MMST $\geq$ 25).	Querschnittstudie (Retrospektive Datenanalyse)	Untersuchung des prädiktiven Wertes des TMT als Screening-Instrument zur Unterscheidung zwischen sicheren und unsicheren Fahrer*innen. Festlegen von Trennwerten.
<b>Economou</b>	2020	Griechenland	Fahrsimulator Neuropsychologische Testung Krankheitsgeschichte Sehtest Persönlichkeitstest Labor und Bildung	MmD (AD) n = 16 MCI n = 37 KG n = 21	Querschnittstudie	Untersuchung der Unfallwahrscheinlichkeit von MmD oder MCI mit Variablen (z. B. Verkehrsaufkommen, Ablenkung, unerwartetes Ereignis), die eine hohe Unfallwahrscheinlichkeit mit sich bringen.
<b>Eramugodola</b>	2020	Australien	Praxisfahrttest (On-road) Neuropsychologische Testung Fragebogen zur Gesundheit und Fahr-sicherheit	MCI n = 45 KG n = 225	Querschnittstudie	Untersuchung der Art der Fahr-sicherheit von Menschen mit MCI und Gesunden.
<b>Fragkiadaki</b>	2018	Griechenland	Fahrsimulator Neuropsychologische Testung Selbst-einschätzung der Fahr-sicherheit	MCI n = 27 KG n = 26	Querschnittstudie	Vergleich von Fahr-sicherheit im Simulator und Selbst-einschätzung der Fahr-tauglichkeit.

► Tab. 2 Fortsetzung

Autor	Jahr	Land	Verwendete Testmethoden	Studienpopulation, n	Studiendesign	Studienziel
<b>Fuermaier</b>	2019	Niederlande	Praxisfahrttest (On-road) Fahrsimulator Neuropsychologische Testung	MmD n = 80; Andere neurodegenerative Erkrankungen (Parkinson, Vaskuläre D., LBD) n = 59 KG n = 45	Querschnittstudie	Vergleich der Fahrfehler unterschiedlicher neurodegenerativer Erkrankungen. Unterscheidung zwischen MmD und Gesunden durch kognitive Testung.
<b>Hird</b>	2017	Kanada	Fahrsimulator Neuropsychologische Testung Visuell-sensorische Testung	MCI n = 24 KG n = 20	Querschnitt	Charakteristika der Fahrfehler von Menschen mit MCI im Fahrsimulator.
<b>Kurzthaler</b>	2017	Österreich	Fragebogen zu selbst auferlegten Einschränkungen im Fahrverhalten Neuropsychologische Testung	MCI n = 10 MmD (AD) n = 16 KG n = 35	Prospektive Beobachtungsstudie	Untersuchung von selbst auferlegten Einschränkungen im Fahrverhalten von Menschen mit unterschiedlich stark ausgeprägten kognitiven Defiziten.
<b>Moharrer</b>	2020	USA	Naturalistic Driving Neuropsychologische Testung	MCI oder AD n = 44 KG n = 19	Querschnittstudie	Überprüfung der Fahrbarkeit von MmD oder MCI anhand von Beinaheunfällen und Untersuchung des Zusammenhangs mit kognitiven Messungen.
<b>O'Connor</b>	2019	USA	Praxisfahrttest (On-Road) (mWURT) Neuropsychologische Testung Visuell-sensorische Testung	Kognitive Einschränkungen (MMST < 25) n = 172 KG n = 247	Querschnittstudie (Retrospektive Analyse)	Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Fahrperformanz und MMST bzw. bestimmten Bereichen des MMST.
<b>Paire-Ficout</b>	2018	Frankreich	Naturalistic Driving	MmD (milde AD) n = 20 KG n = 21	Pilotstudie	Analyse des Naturalistic Driving mit speziellem Fokus auf selbstregulierendes Verhalten. Entwicklung und Nutzung der Testungs-Skala NaDAS.
<b>Papandonatos</b>	2015	USA	Praxisfahrttest (On-road) Neuropsychologische Testung	MmD n = 303 KG n = 89	Querschnittstudie	Beurteilung des klinischen Nutzens des TMT als Screening-Instrument zur Einschätzung der Fahrtauglichkeit. Trichotomisierung der Trennwerte um Gruppe zu identifizieren, die nicht eindeutig den sicheren bzw. unsicheren Fahrern zugeordnet werden kann.
<b>Pavlou</b>	2017	Griechenland	Fahrsimulator Neuropsychologische Testung	MCI n = 23 MmD (AD) n = 14 KG n = 38	Querschnitt	Untersuchung der Fahrperformanz verschiedener Gruppen (MCI, AD) in unterschiedlichen Situationen (ländlich und städtische Umgebung, wenig und viel Verkehrsaufkommen).
<b>Piersma</b>	2016	Niederlande	Praxisfahrttest (On-road) Fahrsimulator Klinisches Interview Neuropsychologische Testung	MmD (AD) n = 81 KG n = 45	Querschnittstudie	Entwicklung einer Methode zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit im klinischen Setting. 1. Welche Art von Assessments sagen die Fahrperformanz am besten hervor? 2. Vergleich von klinischem Interview, neuropsychologischer Testung und Fahrsimulator. 3. Welche Kombination der genannten Testung sagt Fahrperformanz am besten hervor?
<b>Piersma</b>	2018	Niederlande	Praxisfahrttest (On-road) Neuropsychologische Testung	MmD (milde AD) n = 81 MMST ≤ 19 n = 13 MMST 20–24 n = 33 MMST ≥ 25 n = 35	Querschnittstudie	Kann MMST zur Vorhersage der Fahrtauglichkeit genutzt werden?

► Tab. 2 Fortsetzung

<b>Autor</b>	<b>Jahr</b>	<b>Land</b>	<b>Verwendete Testmethoden</b>	<b>Studienpopulation, n</b>	<b>Studiendesign</b>	<b>Studienziel</b>
<b>Schulz</b>	2016	Deutschland	SAFE-Fragebogen Neuropsychologische Testung Fahrerspezifischer Test	MmD/MCI n = 8 Andere Erkrankungen mit kognitiven Einschränkungen n = 11 KG n = 3	Vorläufige Validierungsstudie	Erste Validierung des SAFE zur Feststellung verschiedener Risikofaktoren bzgl. der Fahrsicherheit. Kann mithilfe des SAFE zwischen kognitiven beeinträchtigten und gesunden Menschen unterschieden werden?
<b>Seelye</b>	2017	USA	Naturalistic Driving Fragebogen zu Fahrperformance	MCI n = 7 KG n = 21	Machbarkeitsstudie	Überprüfung der Machbarkeit einer kontinuierlichen Überwachung des Autofahrens bekannter Strecken mit unauffälligen Sensoren. Kann Sensor zwischen Gesunden und Menschen mit MCI unterscheiden?
<b>Stern</b>	2016	USA	Praxisfahrttest (On-road) Neuropsychologische Testung	MmD n = 20, MCI n = 20 KG n = 44	Querschnittstudie	Untersuchung der prädiktiven Validität einer Kombination aus neuropsychologischer Testung für die Fahrperformance im Praxisfahrttest.
<b>Stinchcombe</b>	2016	Kanada	Fahrsimulator Neuropsychologische Testung	MmD (milde AD) n = 17 KG n = 21	Querschnittstudie	Vergleich von Fahrfehlern zwischen MmD und Gesunden an Kreuzungen im Fahrsimulator. Identifikation der Ursache der Fehler (z. B. Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Koordination).
<b>Valnaar</b>	2019	Kanada	Praxisfahrttest (On-road) Neuropsychologische Testung	Kognitive Einschränkungen n = 42 KG n = 28	Pilotstudie	Evaluation des neu entwickelten ERT-Fahrttests zur Überprüfung kognitiver Fähigkeiten. Untersuchung der praktischen Durchführbarkeit und der Unterscheidung zwischen Fahrer*innen mit und ohne kognitiven Einschränkungen.
<b>Vardaki</b>	2016	Griechenland	Fahrsimulator Neuropsychologische Testung Fragebogen zum Fahrverhalten durch Angehörige Selbsteinschätzung der Fahrperformance	MCI n = 12 KG n = 12	Querschnittstudie	Identifikation und Bedeutung von Prädiktoren für die Fahrperformance im Fahrsimulator (z. B. ablenkende Aufgaben, Selbsteinschätzung, Alter).
<b>Venkatesan</b>	2018	USA	Naturalistic Driving Neuropsychologische Testung Visuell-sensorische Testung	MmD (AD) n = 42 KG n = 37	Querschnittstudie	Untersuchung des Zusammenhangs von visuell-sensorischen Suchaufgaben und Fahrperformance. Welche Rolle spielen selektive Aufmerksamkeit und sensorische Integration zur Vorhersage der Fahrperformance im Praxisfahrttest?
<b>Yamin</b>	2015	Kanada	Fahrsimulator Neuropsychologische Testung	MmD (LBD) n = 15 KG n = 21	Querschnittstudie	Untersuchung der Fahrsicherheit von Menschen mit LBD.
<b>Yamin</b>	2016	Kanada	Fahrsimulator Neuropsychologische Testung Visuell-sensorische Testung	MmD (milde AD) n = 20 KG n = 21	Querschnittstudie	Identifikation von Prädiktoren für die Fahrtauglichkeit durch neuropsychologische und visuell-sensorische Testung.
MmD = Menschen mit Demenz, MCI = Mild cognitive impairment, AD = Alzheimer Demenz, LBD = Lewy-body Demenz, KG = Kontrollgruppe, TMT = Trail Making Test, SAFE = Safety Advice For Elderly Drivers, ERT = Enhanced Road Test, NaDAS = Naturalistic Driving Assessment Scale.						

heit), zweiteiliger Praxisfahrttest (verschiedene Aufgaben inkl. Feedback-Komponente) und Post-Test. 82 % der Teilnehmer\*innen, die gemäß der angewendeten Außenkriterien eine kognitive Einschränkung hatten, wiesen laut ERT eine reduzierte Fahrleistung auf [28].

## Fahrsimulator

Eine häufig angewendete praxisbasierte Methode ist die Fahrverhaltensbeurteilung im Fahrsimulator [20–27, 29–31, 36]. Die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen zeigten einheitlich, dass MmD oder MCI im Vergleich zur Kontrollgruppe im Simulator mehr Fahrfehler machten [24, 26, 27, 29, 31, 36], insgesamt langsamer fuhren [21–24, 36] und Probleme hatten die Fahrspur zu halten [22, 24]. Weitere Auffälligkeiten waren langsamere Reaktionszeiten bei unerwarteten Ereignissen [21–23] und besonders großer Abstand zu anderen Fahrzeugen [22, 23]. Insbesondere in anspruchsvolleren Situationen wie erhöhtem Verkehrsaufkommen [24] oder unter Ablenkung [21, 22] traten, verglichen mit Kontrollprobanden\*innen, überproportional viele Fahrfehler auf. Bezüglich der Unfallwahrscheinlichkeit wurden hingegen keine Unterschiede zwischen MmD oder MCI und gesunden Fahrer\*innen festgestellt [22]. Bei der Analyse des Verhaltens an Kreuzungen passierten in der Gruppe der MmD vor dem Abbiegen mehr als doppelt so viele Fehler wie in der Kontrollgruppe [27]. Diese Fehler waren beispielsweise, dass unpassend oder überhaupt nicht gebremst wurde [27].

## Fahrverhaltensbeobachtung in natürlichem Umfeld

Eine besondere Form der praxisbasierten Beurteilung der Fahrperformance ist die Fahrverhaltensbeobachtung in natürlichem Umfeld („*Naturalistic Driving*“). Wie auch beim Praxisfahrttest fahren die Personen zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit in einem realen Auto, häufig dem eigenen. Ihr Fahrverhalten wird mithilfe von Kameras und Sensoren über einen längeren Zeitraum (zwei Wochen bis zu mehr als acht Monate) aufgezeichnet und das Datenmaterial im Anschluss ausgewertet [12, 14, 17, 19, 38]. Zur Analyse großer anfallender Datenmengen wurde ein halb-automatisiertes, standardisiertes Bewertungssystem entwickelt, welches alle kritischen Ereignisse der Einschätzung der manuell beurteilenden Personen entsprechend richtig identifizieren konnte [12]. Die Sensoren und Kameras wurden als unaufdringlich empfunden und von den Teilnehmenden gut akzeptiert [17]. Die Fahrverhaltensbeobachtung in natürlichem Umfeld ermöglicht eine zuverlässige Bewertung der Fahrperformance anhand von Fahrfehlern [12, 14, 17, 19, 38]. Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen verursachten demnach statistisch signifikant häufiger gefährdende Situationen, bis hin zu Beinaheunfällen, im Vergleich zu kognitiv Gesunden [14, 38]. Zudem wurden von MmD schwerwiegendere Fehler gemacht, wie Probleme, die Fahrspur zu halten und Schwierigkeiten im vorausschauenden Fahren [12].

Im nachfolgenden Abschnitt werden die am häufigsten genutzten theoriebasierten Testverfahren (*office-based*) im Einzelnen vorgestellt.

## Neuropsychologische Tests

In nahezu jeder Studie wird der *Mini-Mental-Status-Test (MMST)* zur Überprüfung globaler kognitiver Funktionen eingesetzt. Es wird

vielfach diskutiert, ob und mit welcher Aussagekraft der *MMST* zur Bestimmung der Fahrtauglichkeit herangezogen werden kann. In einigen Studien korrelierten niedrige Ergebnisse des *MMST* signifikant mit einer schlechten Fahrperformance, gemessen durch einen Praxisfahrttest, [15, 32, 33] bzw. mit einer erhöhten Unfallgefahr, gemessen durch Fahrverhaltensbeobachtung im natürlichen Umfeld [14]. Dennoch besteht Konsens darüber, dass der *MMST* alleine zur Bestimmung der Fahrtauglichkeit nicht ausreicht [15, 32, 33]. Beispielsweise zeigten O'Connor et al. [15], dass die verschiedenen Untertests des *MMST* unterschiedlich sensitiv für die Einschätzung der Fahrtauglichkeit von Menschen mit bzw. ohne kognitive Einschränkungen sind. Als Screening-Instrument ist er jedoch durchaus geeignet, um bei Bedarf weitere Untersuchungen zu veranlassen [13, 15, 29].

Der *Trail Making Test (TMT)* mit seinen Untertests Teil A (*TMT A*) und Teil B (*TMT B*) wird ebenfalls häufig eingesetzt [10, 12–14, 16–21, 25, 26, 32, 36, 38, 39]. Je nach Untertest müssen Zahlen in richtiger Reihenfolge bzw. Zahlen und Buchstaben möglichst schnell miteinander verbunden werden. Überprüft werden dabei vornehmlich Aufmerksamkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit und exekutive Funktionen. Signifikante Zusammenhänge zwischen den *TMT*-Ergebnissen und der Fahrperformance konnten gezeigt werden [13, 16, 18, 26, 38]. Insbesondere die Durchführungsdauer des *TMT-A* ist ein Prädiktor für eine gute oder schlechte Fahrperformance [13]. In zwei Studien wurden Grenzwerte für den *TMT-A* identifiziert, bei deren Überschreitung eine zusätzliche praktische Überprüfung der Fahrtauglichkeit von Menschen mit MCI durchgeführt werden sollte [13, 16]. Die Durchführungsdauer des *TMT-B* zeigte hingegen nur eine diskriminierende Wirkung hinsichtlich der Unterscheidung zwischen Menschen mit und ohne MCI [13, 16]. In einer weiteren Studie war der *TMT* kein signifikanter Prädiktor zur Erkennung von riskantem Fahrverhalten [18]. Der *TMT* kann somit als Screening-Instrument im klinischen Setting genutzt werden, zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit bedarf es jedoch weiterer Tests.

Der computerbasierte Gesichtsfeldtest *Useful Field of View (UFOV)* wird in Studien zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit ebenfalls häufig eingesetzt [10, 11, 15, 18, 20, 26, 27, 29, 30, 34, 38]. Teilnehmende erhalten visuelle Stimuli und werden dazu im Anschluss befragt oder bekommen Aufgaben gestellt. Der Test überprüft Bereiche der Aufmerksamkeit, visuelle Diskriminierung und die Verarbeitungsgeschwindigkeit. In einigen Studien erwies sich der *UFOV* als signifikanter Prädiktor für die Fahrperformance [10, 18, 26, 29, 30, 38]. Eine Kombination aus dem Alter und Untertests des *UFOV* sowie Aufgaben in konkreten Fahrsituationen konnte die Fahrsicherheit robust signifikant vorhersagen [18]. In einer prospektiven Studie wurde eine weitere Kombination aus neuropsychologischer Testbatterie, klinischem Interview und Praxisfahrttest identifiziert, welche die Fahrperformance mit einer Exaktheit von 92,7 % bestimmte [32].

## Fahrspezifische Testung

Fahrspezifische Testungen zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit von Menschen mit kognitiven Einschränkungen werden bisher nicht häufig eingesetzt. Im Folgenden werden zwei fahrspezifische Tests vorgestellt, welche in den eingeschlossenen Studien verwendet wurden.



Der *Safety Advice For Elderly drivers (SAFE)* ist ein deutschsprachiges Instrument und kann kostenfrei heruntergeladen werden. Ziel des *SAFE* ist die Beurteilung der Fahrsicherheit von älteren Menschen [39]. Er wurde entwickelt, um die Qualität der Fahrbeurteilung in Gedächtnisambulanzen zu verbessern. In einer vorläufigen Validierung konnte mit einer hohen Genauigkeit mithilfe des *SAFE* zwischen kognitiv beeinträchtigten und gesunden Menschen unterschieden werden (Sensitivität zwischen 79 % und 95 % je nach Trennwert) [39]. Die Durchführung des *SAFE* dauert ca. 20 Min. und erfragt verschiedene Risikofaktoren, wie Fahranamnese, Alltagsaktivitäten, kognitive (*MMSE*, *TMT*) und körperliche Einschränkungen sowie andere Erkrankungen und Symptome [39].

Der *DriveSafe* ist ein validiertes klinisches Screeninginstrument zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit von Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen [40]. Dieser besteht aus 15 fahrerspezifischen Bildern, welche für 3 Sek. gezeigt werden und im Anschluss möglichst korrekt erinnert und beschrieben werden sollen. Das Ergebnis des Praxisfahrttests konnte in der prospektiven Studie durch die Kombination der Prädiktoren Alter, *DriveSafe* und Multi-D Testbatterie mit einer Exaktheit von 90,4 % bestimmt werden [34]. Daraus schlussfolgern die Autoren, dass fahrerspezifische Testungen stärker mit der Fahrperformanz assoziiert sind als traditionelle neuropsychologische Tests [34].

### Fragebögen zur Selbsteinschätzung

Nur wenige Studien befassten sich mit der Selbsteinschätzung der Fahrperformanz von MmD oder MCI [23, 25, 37, 39]. Im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe hatten Menschen mit MCI statistisch signifikant größere Schwierigkeiten ihre Fahrperformanz richtig einzuschätzen [23]. Dennoch kann die Einbeziehung selbstberichteter Veränderungen in der Fahrleistung auf eine frühzeitige Identifikation einer Fahrunsicherheit von Menschen mit MCI hinweisen [25]. Unter herausfordernden Fahrbedingungen passten Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen ihr Fahrverhalten im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe signifikant stärker an und schränken beispielsweise Nacht- oder Autobahnfahrten ein [37]. Weitere Kompensationsstrategien waren, dass seltener oder nur zu bestimmten Bedingungen (z. B. tagsüber, bei gutem Wetter) bzw. auf bestimmten Wegen (z. B. bekannte Gegend) gefahren wurde [37].

### Diskussion

Ziel des vorliegenden systematischen Reviews war es, evidenzbasierte Methoden zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit von MmD oder MCI vorzustellen.

Die praxisbasierten Methoden haben jeweils sowohl Vor- als auch Nachteile. Der Einsatz eines Fahrsimulators ist in der Praxis relativ leicht und mit wenig Aufwand umzusetzen. Jedoch wird in Studien mit Simulator häufig berichtet, dass Proband\*innen ihre Teilnahme an der Studie wegen der Simulatorkrankheit (*simulator sickness*) abbrechen mussten, wodurch es zu fehlenden Fallzahlen kommt [21, 22, 24, 32]. Außerdem ist die Anschaffung eines Fahrsimulators mit großem technischen Aufwand und hohen Kosten verbunden.

Im Vergleich dazu erfordert der Praxisfahrttest (*On-road*) keine weiteren Anschaffungen, da er meist im eigenen Auto durchgeführt wird. Zur Beurteilung der Fahrperformanz bedarf es jedoch min-

destens eine fachkundige Person. Angeboten werden sogenannte „Fahr-Fitness-Checks“ beispielsweise vom ADAC, TÜV oder von Fahrschulen. In jedem Fall sind diese jedoch mit selbst zu tragenden Kosten verbunden und erfolgen ausschließlich auf freiwilliger Basis. Des Weiteren ist zu beachten, dass es sich dabei lediglich um eine Momentaufnahme der Fahrperformanz der betreffenden Person handelt. Diese kann abhängig von der Tagesform Schwankungen unterliegen und somit zu einem verfälschten Ergebnis führen. Bei der Fahrverhaltensbeobachtung im natürlichen Umfeld werden Daten über einen längeren Zeitverlauf gesammelt, so dass tagesabhängige Schwankungen der Fahrperformanz ausgeglichen werden können. Die angebrachten Sensoren und Kameras wurden als unaufdringlich empfunden [17]. In Anbetracht der rasanten Entwicklung der Sensortechnologie im Bereich der Automobilität wäre es denkbar, die im Zusammenhang mit dem Fahrverhalten erhobenen Daten auch zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit zu nutzen. Ein halb-automatisiertes digitales Bewertungssystem kann die Auswertung der angefallenen Daten erleichtern und den Aufwand für die beurteilende Person reduzieren [12].

Die Ergebnisse theoriebasierter (*office-based*) Beurteilungsinstrumente sind heterogen. In einigen Studien konnten neuropsychologische Tests die Fahrperformanz signifikant bestimmen [14, 18, 19, 27, 29, 31–34, 36, 38], während in anderen Studien stattdessen beispielsweise Alter oder visuell-sensorische Fähigkeiten signifikante Prädiktoren waren [18, 30, 35]. Die heterogene Studienlage zeigt, dass einzelne kognitive Tests nicht zur Bestimmung der Fahrtauglichkeit ausreichen und allenfalls als Screening herangezogen werden sollten [32–34]. Eine höhere Aussagekraft haben praxisbasierte Testverfahren, fahrerspezifische Testungen, wie beispielsweise der *SAFE* [39], sowie Kombinationen aus verschiedenen Methoden. Eine Möglichkeit, frühzeitig auf Fahrauffälligkeiten aufmerksam zu werden, ist die Selbsteinschätzung des Fahrverhaltens durch Fragebögen [23, 25, 37]. Zu berücksichtigen ist dabei jedoch die Gefahr möglicher Verzerrungen der Angaben aufgrund von fehlender Krankheitseinsicht der Betroffenen.

Das vorliegende Review hat Limitationen. Bis auf wenige Ausnahmen [13, 15, 16] sind die Fallzahlen in den beschriebenen Studien gering, was die Generalisierbarkeit der Ergebnisse reduziert. Zudem wurden nur Studien in deutscher und englischer Sprache einbezogen, wodurch Erkenntnisse anderssprachiger Veröffentlichungen nicht berücksichtigt werden konnten. Den Einschlusskriterien entsprechend war eine Kontrollgruppe Voraussetzung. Somit konnten die Ergebnisse der Studien besser miteinander verglichen werden, jedoch wurden andere interessante Studien ohne Kontrollgruppe dadurch ausgeschlossen.

### Schlussfolgerung

In Anlehnung an internationale Regelungen sollte es ein standardisiertes Vorgehen geben [4]. Fahrbeurteilungen könnten beispielsweise in Verbindung mit einer regulär zu erfolgenden Verlängerung des Führerscheins oder ab Erreichen einer bestimmten Altersgrenze eingeführt werden, wie es beispielsweise in Japan, Südkorea, Großbritannien wie auch in Teilen Australiens, der USA und Kanadas der Fall ist [4]. Bei einer bestehenden Demenzdiagnose sollte diese Überprüfung angesichts des progredienten Krankheitsverlaufs entsprechend engmaschig, z. B. alle drei Monate, und durch



geschultes Fachpersonal des Gesundheitswesens erfolgen [4]. Da der Erhalt der Selbstständigkeit von Aktivitäten des täglichen Lebens, was das Autofahren einschließt, ein zentrales Handlungsfeld der Ergotherapie darstellt, könnten – dem Beispiel anderer Länder folgend – spezialisierte Ergotherapeut\*innen oder vergleichbare Berufsgruppen die Beurteilung vornehmen.

Auf diese Weise könnten Menschen mit kognitiven Einschränkungen ihre Fahrtauglichkeit regelmäßig überprüfen, um so lange wie möglich in Sicherheit aktiv am Straßenverkehr teilnehmen zu können. Dadurch kann nicht nur eine unnötig frühe Aufgabe des Autofahrens vermieden werden, sondern auch die Lebensqualität durch den Erhalt von mit dem Autofahren verbundenen Werten wie Freiheit oder Unabhängigkeit für MmD oder MCI erhalten bleiben.

## Förderung

Das Projekt digiDEM Bayern wird durch das Bayerische Staatsministerium für Gesundheit und Pflege (StMGP) gefördert (Förderkennzeichen G42d-G8300–2017/1606–38).

## Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde von Linda Karrer als Teil der Anforderungen zur Erlangung des Grades „Dr. rer. biol. hum.“ an der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) angefertigt.

## Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

- [1] Bickel H. Informationsblatt 1. Die Häufigkeit von Demenzerkrankungen (06.2020). Im Internet: [https://www.deutsche-alzheimer.de/fileadmin/alz/pdf/factsheets/infoblatt1\\_haeufigkeit\\_demenzerkrankungen\\_dalzg.pdf](https://www.deutsche-alzheimer.de/fileadmin/alz/pdf/factsheets/infoblatt1_haeufigkeit_demenzerkrankungen_dalzg.pdf); Stand: 11.08.2021.
- [2] Qin W, Xiang X, Taylor H. Driving Cessation and Social Isolation in Older Adults. *J Aging Health* 2020; 32: 962–971
- [3] Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ), Bundesministerium für Gesundheit (BMG). Nationale Demenzstrategie. Im Internet: [https://www.nationale-demenzstrategie.de/fileadmin/nds/pdf/2020-07-01\\_Nationale\\_Demenzstrategie.pdf](https://www.nationale-demenzstrategie.de/fileadmin/nds/pdf/2020-07-01_Nationale_Demenzstrategie.pdf); Stand: 16.02.2021.
- [4] Kim YJ, An H, Kim B et al. An International Comparative Study on Driving Regulations on People with Dementia. *J Alzheimers Dis* 2017; 56: 1007–1014
- [5] Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde (DGPPN), Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN). S3-Leitlinie „Demenzen“: Langversion (01.2016). Im Internet: [https://www.dgppn.de/\\_Resources/Persistent/ade50e44afc7eb8024e7f65ed3f44e995583c3a0/S3-LL-Demenzen-240116.pdf](https://www.dgppn.de/_Resources/Persistent/ade50e44afc7eb8024e7f65ed3f44e995583c3a0/S3-LL-Demenzen-240116.pdf); Stand: 25.07.2018.
- [6] Moher D, Liberati A, Tetzlaff J et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med* 2009; 6: e1000097–e1000097
- [7] Ziegler A, Antes G, König I. Bevorzugte Report Items für systematische Übersichten und Meta-Analysen: Das PRISMA-Statement. *DMW – Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2011; 136: e9–e15
- [8] von Elm E, Altman DG, Egger M et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Lancet* 2007; 370: 1453–1457
- [9] von Elm E, Altman DG, Egger M et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Statement: guidelines for reporting observational studies. *Int J Surg* 2014; 12: 1495–1499
- [10] Aksan N, Anderson SW, Dawson J et al. Cognitive functioning differentially predicts different dimensions of older drivers' on-road safety. *Accident Analysis and Prevention* 2015; 75: 236–244
- [11] Barco PP, Baum CM, Ott BR et al. Driving errors in persons with dementia. *Journal of the American Geriatrics Society* 2015; 63: 1373–1380
- [12] Davis JD, Wang S, Festa EK et al. Detection of risky driving behaviors in the naturalistic environment in healthy older adults and mild Alzheimer's disease. *Geriatrics (Switzerland)* 2018; 3(2): 13
- [13] Duncanson H, Hollis AM, O'Connor MG. Errors versus speed on the Trail Making Test: Relevance to driving performance. *Accident Analysis and Prevention* 2018; 113: 125–130
- [14] Moharrer M, Wang S, Davis JD et al. Driving Safety of Cognitively-Impaired Drivers Based on Near Collisions in Naturalistic Driving. *Journal of Alzheimer's disease reports* 2020; 4: 1–7
- [15] O'Connor MG, Duncanson H, Hollis AM. Use of the MMSE in the Prediction of Driving Fitness: Relevance of Specific Subtests. *Journal of the American Geriatrics Society* 2019; 67: 790–793
- [16] Papandonatos GD, Ott BR, Davis JD et al. Clinical utility of the trail-making test as a predictor of driving performance in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society* 2015; 63: 2358–2364
- [17] Seelye A, Mattek N, Sharma N et al. Passive Assessment of Routine Driving with Unobtrusive Sensors: A New Approach for Identifying and Monitoring Functional Level in Normal Aging and Mild Cognitive Impairment. *Journal of Alzheimer's Disease* 2017; 59: 1427–1437
- [18] Stern RA, Abularach LM, Seichpine DR et al. Office-Based Assessment of At-Risk Driving in Older Adults with and Without Cognitive Impairment. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology* 2016; 29: 352–360
- [19] Venkatesan UM, Festa EK, Ott BR et al. Differential Contributions of Selective Attention and Sensory Integration to Driving Performance in Healthy Aging and Alzheimer's Disease. *J Int Neuropsychol Soc* 2018; 24: 486–497
- [20] Beratis IN, Andronas N, Kontaxopoulou D et al. Driving in mild cognitive impairment: The role of depressive symptoms. *Traffic injury prevention* 2017; 18: 470–476
- [21] Beratis IN, Pavlou D, Papadimitriou E et al. Mild Cognitive Impairment and driving: Does in-vehicle distraction affect driving performance? *Accident Analysis and Prevention* 2017; 103: 148–155
- [22] Economou A, Pavlou D, Beratis I et al. Predictors of accidents in people with mild cognitive impairment, mild dementia due to Alzheimer's disease and healthy controls in simulated driving. *International Journal of Geriatric Psychiatry* 2020; 35: 859–869
- [23] Fragkiadaki S, Beratis IN, Kontaxopoulou D et al. Self-awareness of Driving Ability in the Healthy Elderly and Patients With Mild Cognitive Impairment (MCI). *Alzheimer Disease & Associated Disorders* 2018; 32: 107–113
- [24] Pavlou D, Papadimitriou E, Antoniou C et al. Comparative assessment of the behaviour of drivers with Mild Cognitive Impairment or Alzheimer's disease in different road and traffic conditions. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 2017; 47: 122–131

- [25] Vardaki S, Dickerson AE, Beratis I et al. Simulator Measures and Identification of Older Drivers With Mild Cognitive Impairment. *American Journal of Occupational Therapy* 2016; 70: p1–p10
- [26] Hird MA, Vesely KA, Fischer CE et al. Investigating Simulated Driving Errors in Amnesic Single- and Multiple-Domain Mild Cognitive Impairment. *J Alzheimers Dis* 2017; 56: 447–452
- [27] Stinchcombe A, Paquet S, Yamin S et al. Assessment of drivers with Alzheimer's disease in high demand driving situations: Coping with intersections in a driving simulator. *Geriatrics (Switzerland)* 2016; 31;1(3): 21
- [28] Vanlaar WGM, Mainegra Hing M, Meister S et al. Pilot study of a new road test to assess cognitive fitness to drive. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 2019; 65: 258–267
- [29] Yamin S, Stinchcombe A, Gagnon S. Driving Competence in Mild Dementia with Lewy Bodies: In Search of Cognitive Predictors Using Driving Simulation. *International Journal of Alzheimer's Disease* 2015; 806024 : 1–8
- [30] Yamin S, Stinchcombe A, Gagnon S. Deficits in Attention and Visual Processing but not Global Cognition Predict Simulated Driving Errors in Drivers Diagnosed with Mild Alzheimer's Disease. *American Journal of Alzheimer's Disease and other Dementias* 2016; 31: 351–360
- [31] Fuermaier ABM, Piersma D, De Waard D et al. Driving difficulties among patients with Alzheimer's disease and other neurodegenerative disorders. *Journal of Alzheimer's Disease* 2019; 69: 1019–1030
- [32] Piersma D, Fuermaier AB Waard et al. Prediction of Fitness to Drive in Patients with Alzheimer's Dementia. *PLoS ONE*, Vol 11: p e 2016 0149566
- [33] Piersma D, Fuermaier ABM, de Waard D et al. The MMSE should not be the sole indicator of fitness to drive in mild Alzheimer's dementia. *Acta neurologica Belgica* 2018; 118: 637–642
- [34] Anstey KJ, Eramudugolla R, Chopra S et al. Assessment of Driving Safety in Older Adults with Mild Cognitive Impairment. *Journal of Alzheimer's Disease* 2017; 57: 1197–1205
- [35] Eramudugolla R, Huque MH, Wood J et al. On-Road Behavior in Older Drivers With Mild Cognitive Impairment. *Journal of the American Medical Directors Association* 2020; 22(2): 399–405.e1
- [36] Crivelli L, María Julieta R, Farez MF et al. Driving and alzheimer's disease: A neuropsychological screening battery for the elderly. *Dementia e Neuropsychologia* 2019; 13: 312–320
- [37] Kurzthaler I, Kemmler G, Defrancesco M et al Executive dysfunctions predict self-restricted driving habits in elderly people with or without Alzheimer's dementia. *Pharmacopsychiatry* 2017; 50: 203–210
- [38] Paire-Ficout L, Lafont S, Conte F et al. Naturalistic driving study investigating self-regulation behavior in early Alzheimer's disease: A pilot study. *Journal of Alzheimer's Disease* 2018; 63: 1499–1508
- [39] Schulz P, Spannhorst S, Beblo T et al. Preliminary validation of a questionnaire covering risk factors for impaired driving skills in elderly patients. *Geriatrics (Switzerland)* 2016; 8;1(1): 5
- [40] 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