

## 脑卒中患者重返驾驶能力评估的研究现状及进展

张琪<sup>1</sup>, 刘欣<sup>2</sup>, 郑斌<sup>3</sup>, 段晓琴<sup>1</sup>

(1. 吉林大学第二医院康复医学科 吉林 长春 130041; 2. 北京科技大学计算机与通信工程学院 北京 100083; 3. 加拿大阿尔伯塔大学医学与牙学院外科仿真研究实验室 阿尔伯塔 埃德蒙顿 T6G 2E1)

**摘要** 汽车驾驶已经成为人们日常生活中不可或缺的部分,也是脑卒中患者重返社会的最重要能力之一。安全驾驶和驾驶训练的基础是对驾驶能力的准确评估。根据国外研究,脑卒中后的驾驶能力评估主要包括路测、心理测验和驾驶模拟。目前,我国不仅缺少脑卒中患者安全驾驶的评定标准,也缺乏明确、统一的评估方案。近年来,医工结合技术和计算机技术的发展为驾驶能力的客观化、精准化、智能化评估提供了可能。本文旨在对脑卒中患者重返驾驶的评估研究及进展情况进行综述。

**关键词** 脑卒中; 重返驾驶; 驾驶能力评估; 安全驾驶; 驾驶训练

**中图分类号** R496 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 02-0153-05

## Current situation and progress of the assessment on returning to driving in stroke patients

ZHANG Qi<sup>1</sup>, LIU Xin<sup>2</sup>, ZHENG Bin<sup>3</sup>, DUAN Xiaoqin<sup>1</sup>

(1. Department of Rehabilitation Medicine, the Second Hospital of Jilin University, Changchun 130041, China; 2. School of Computer and Communication Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China; 3. Surgical Simulation Research Lab, University of Alberta, Edmonton T6G 2E1, Canada)

**Abstract** Driving has become an integral part of people's daily lives now, and it is also one of the most important abilities for stroke patients to return to society. Safe driving and driving training are based on accurate assessment of driving ability. According to foreign researches, the assessment of driving ability after stroke includes on-road tests, psychological tests and driving simulation. China is not only short of assessment criteria for safe driving on stroke patients, but also lacks well-defined and uniform assessment methods. With the development of medicine-engineering interdisciplinary and computer technology, it is possible to assess driving ability objectively, accurately and intelligently. The current situations and progress of driving ability assessment for stroke patients were reviewed in this paper.

**Key words** Stroke; Return to Driving; Assessment of Driving Ability; Safe Driving; Driving Training

收稿日期: 2021-12-27 录用日期: 2023-01-24

Received Date: 2021-12-27 Accepted Date: 2023-01-24

基金项目: 吉林省自然科学基金学科布局项目(20210101359JC); 吉林大学白求恩计划项目(2020B41); 吉林大学2020年创新创业教育课程建设项目(CXCYA202029)

Foundation Item: Disciplinary Layout Project of the Natural Science Foundation of Jilin Province (20210101359JC); Jilin University Bethune Project (2020B41); Innovation and Entrepreneurship Education Curriculum Construction Project of Jilin University in 2020 (CXCYA202029)

通讯作者: 段晓琴, Email: 15204309769@163.com

Corresponding Author: DUAN Xiaoqin, Email: 15204309769@163.com

引用格式: 张琪, 刘欣, 郑斌, 等. 脑卒中患者重返驾驶能力评估的研究现状及进展[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2024, 5(2): 153-157.

Citation: ZHANG Q, LIU X, ZHENG B, et al. Current status and progress of the assessment on returning to driving in stroke patients[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(2): 153-157.

## 1 脑卒中患者重返驾驶问题

在美国,成年人脑卒中患病率为3.0%,而年龄>45岁的人口高达17.8%,平均每40 s就会发生一次卒中<sup>[1]</sup>。在中国,平均每12 s就会新发1例卒中,每21 s就有1人死于卒中<sup>[2]</sup>。而脑卒中患者往往存在认知功能、运动功能、视觉功能、感觉功能等障碍,从而严重影响其日常生活活动能力及社会参与能力<sup>[3]</sup>。驾驶是一个复杂的任务,要求综合运用较高的认知能力、执行功能和操作能力,脑卒中患者上述功能一般都受到了不同程度损害<sup>[4]</sup>,其健手反应时间、双眼视野和握力等是与驾驶能力相关的重要决定因素<sup>[5]</sup>。

随着生活方式的改变及交通工具的普及,汽车驾驶已经成为人们日常生活中不可或缺的部分,也是脑卒中患者重返社会的最重要能力之一<sup>[6]</sup>。研究表明,重返驾驶问题一直困扰着脑卒中幸存者<sup>[2]</sup>,与其社会参与能力降低<sup>[7]</sup>、抑郁症发生率增加息息相关<sup>[8]</sup>。脑卒中患者到底在发病多长时间以后可以开车?恢复到什么程度可以开车?重返驾驶需要进行哪些康复训练?这些都是从事神经康复的临床医生需要面临和解决的实际问题。

## 2 驾驶能力的评定

驾驶能力的评定是解决上述问题的关键环节,客观准确的评估有利于医务人员系统地了解患者的驾驶能力,从而更加精准地做出临床决策。目前国内还没有明确的脑卒中患者重返驾驶的相关规定和研究。澳大利亚规定,脑卒中后患者重返驾驶要限制4周,短暂性脑缺血发作后要限制2周<sup>[9]</sup>。然而,澳大利亚的一项研究表明,1/4的脑卒中患者在1个月内恢复了驾驶<sup>[10]</sup>,但是轻度脑卒中患者在重返驾驶过程中仍存在一些问题,重度脑卒中患者则面临着更大挑战<sup>[11]</sup>。研究显示,在驾驶评估前,约30%的脑损伤患者在没有任何法律协议的情况下恢复驾驶,且评估中驾驶受限的患者很大一部分被相关管理部门允许开车,存在严重的评估与决策过程的分离<sup>[12]</sup>,这将大大增加交通事故发生率<sup>[13]</sup>。

根据国外报道,脑卒中后的驾驶能力评估主要包括路测、心理测验和驾驶模拟(见表1)。路测(公路驾驶考试)被认为是驾驶评估的“黄金标准”<sup>[14]</sup>,但是路测所需费用相对较贵,通过路测评估所有脑卒中患者仍存在安全隐患,且患者获得路测的机会也非常有限。心理测验大多采用注意力和执行能力相关的神经心理学评估量表<sup>[15-16]</sup>,有学者开发了用于筛选适合进行路测患者的驾驶员越野评估系列量表,涵盖了三个认知测试和一个物理测试<sup>[17]</sup>,但心理测验过程中受评定者与患者的主观性、所处环境、语言不同等因素的影响,无法做到客观、精准地评估,而且也无法作为道路驾驶评估结果的可靠预测指标<sup>[18]</sup>。据日本的一项调查显示,6例脑卒中研究对象虽未达到认知功能测试的正常标准值,但是通过驾校的道路考核后,教练认为其可以重新恢复驾驶<sup>[19]</sup>。

驾驶模拟器已成为评估脑卒中后驾驶能力的一种安全、便捷的方法<sup>[20]</sup>,它可以在安全、有效、具有挑战性的环境中控制外界刺激<sup>[21]</sup>,也可以增强患者的驾驶意识<sup>[22]</sup>、提高路测预测准确性<sup>[23]</sup>,还能够区分出适合和不适合驾驶的患者群体<sup>[20]</sup>。但是,驾驶模拟器一般以描述反应时间、车辆控制、遵守交通规则的情况为指标,无法客观、精准地描述驾驶过程中的认知及运动功能变化,也难以确定患者重返驾驶是否安全(见表1)。

而目前我国不仅缺乏评估患者是否可以安全驾驶的功能障碍评定标准<sup>[24]</sup>,也缺乏系统的脑卒中患者驾驶能力的路测、心理测验和驾驶模拟的评估方案。因此,探索适用于我国脑卒中患者驾驶能力评估的客观、精准的评估体系,是建立脑卒中驾驶能力评估体系的关键所在,值得进一步研究探索。

## 3 驾驶能力的客观化、精准化评定

想要实现脑卒中患者驾驶能力评估的客观化、精准化,需要采用现代科技手段将脑卒

表 1 国外脑卒中患者驾驶能力评估的主要方法

Table 1 Main assessment methods of driving ability for stroke patients at abroad

评估方法	评估内容	优点	缺点
路测	路外测试：通过纸质或计算机测试来评估与认知能力相关的驾驶技能 路面测试：最常用的评估方法，可用于测试驾驶者的实际驾驶能力	路测被认为是评估驾驶能力的“黄金标准”，它不仅可评估认知能力，还能预测公路驾驶能力	路测考察的是驾驶者操作机动车的熟练程度，而不是行驶中的驾驶能力。评估现实世界的驾驶能力取决于各种环境条件，因此道路测试的质量有限
心理测验	大多采用注意力和执行能力相关的神经心理学评估量表、驾驶员越野评估系列量表，涵盖了3个认知测试和1个物理测试	心理测验是预测中风患者不安全驾驶风险的有效工具，可能会更积极地用于筛查中风司机的认知功能	心理测验过程中受评定者与患者的主观性、所处环境、语言不同等因素多大影响，无法做到客观、精准地评估，也不能作为道路驾驶评估结果的可靠预测指标
驾驶模拟	驾驶模拟器具有3种高风险场景，包括农村、高速公路和城市环境。通常配备标准车轮、踏板、信号系统和后视镜，可用于检查各种驾驶行为	可以在安全、有效、具有挑战性的环境中控制外界刺激，也可以增强患者的驾驶意识、提高路测预测准确性，还能够区分出适合和不适合驾驶的患者群体	无法客观、精准地描述驾驶过程中的认知及运动功能变化，也难以确定患者重返驾驶是否安全

中患者在驾驶过程中存在的认知功能、运动功能、警觉力等进行量化描述，寻找其特征，制定统一标准。Jeon S 等人<sup>[13]</sup>设计了 Driving-PASS 系统，用于筛选适合路测的脑卒中驾驶者，以降低车祸发生风险。McNamara A 等人<sup>[25]</sup>的研究发现，定期重复测量脑卒中患者的有效视野有助于明确最佳驾驶康复计划的转诊时间，也有利于确定道路评估的时机。但是上述评估依旧缺乏客观性、精准性。KUFL 等人<sup>[26]</sup>对残疾患者使用最多的电动踏板车的安全驾驶问题进行研究，结果发现认知、视觉、运动功能和电动踏板车的驾驶性能之间存在各种关联。Patel P 等人<sup>[27]</sup>认为，在康复过程中增强脑卒中患者偏瘫侧手部的精准握力控制康复训练，并强化患者手脚配合能力，能更精准地控制汽车转向，也有利于脑卒中患者尽快地重返驾驶。

日臻成熟的视觉及运动信息的精准检测技术、眼动学与运动学参数处理技术等为客观评估脑卒中患者驾驶能力带来了新的发展契机。在未来，可以尝试通过眼动追踪、动作捕捉技

术采集脑卒中患者模拟驾驶过程中视觉搜索、信号加工、快速决策和警觉力<sup>[28]</sup>等认知功能及运动功能，记录并标准化处理眼动及运动信息，为脑卒中患者驾驶能力的客观、精准评估提供新思路、新方法。

此外，临床上对脑卒中患者驾驶能力的训练主要包括运动控制训练<sup>[29]</sup>、神经心理学培训、基于模拟器的驾驶培训、道路驾驶培训<sup>[30]</sup>。近些年也有学者把虚拟现实、增强现实技术运用于驾驶培训<sup>[31]</sup>。国内仅见广东工业大学运用上肢康复训练平台设计了基于虚拟驾驶体验的康复训练及效果评价系统<sup>[32]</sup>。也有医院运用模拟驾驶训练器对脑卒中患者进行职业康复。与传统培训相比，研究已证实模拟器培训的学习效果更好，对脑卒中驾驶者的培训更有益<sup>[33]</sup>。因此，以模拟器训练前后脑卒中患者驾驶能力评估中的视觉与运动信号变化为依据，挖掘脑卒中患者驾驶康复进程中所蕴含的认知模式，对于实现脑卒中患者驾驶能力的动态评估是潜在的理想化途径。

## 4 驾驶能力的智能化评定

安全驾驶是一项需要校准的复杂活动,其决定因素包括知识和技能、自我效能感、驾驶技能的自我意识、风险意识和补偿策略等<sup>[34]</sup>。临床上,脑卒中患者的驾驶能力评估不仅包括认知评估、运动评估、视力评估、自我适应性评估<sup>[35]</sup>等,还包括驾驶模拟器涵盖的一系列驾驶技能评估。驾驶模拟器包括了常用的坡道起步、侧方停车、曲线行驶、直角拐弯、倒车入库等项目,还包括了山区、城市、高速、夜间、雨雪等不同场景。目前尚未明确脑卒中患者在模拟驾驶中的薄弱环节,若将所有项目均用于驾驶能力的临床评估,整个过程将极其耗时、耗力,特别是对于肢体功能差、存在部分认知或言语障碍的患者。所以,运用模拟器筛选出脑卒中患者驾驶能力的薄弱环节,使驾驶能力评估更加精准、智能,是完善脑卒中患者驾驶能力评估体系亟须解决的问题。

眼动追踪技术已广泛用于定量描述人的认知过程、认知负荷等方面的研究<sup>[36]</sup>,而在模拟器评估过程中,运用动作捕捉系统记录在视觉认知基础上所产生的运动也是驾驶能力评估的重要方面,但国内外尚未见相关报道。仅在Gartz R等人<sup>[37]</sup>将眼动追踪技术运用于脑卒中患者的作业治疗研究中发现使用驾驶模拟器时,患者通过视觉扫描来代偿视力缺陷以保障安全。因此,以视觉与运动信号为依据、以智能处理与决策为手段的医工结合方式,深入挖掘脑卒中患者模拟驾驶过程中所蕴含的认知模式,是精准、智能评估脑卒中患者驾驶能力受损情况的潜在的有力途径。

## 5 总结与展望

综上所述,目前对脑卒中患者驾驶能力评估研究较多,但仍缺乏明确、统一的评定方案。而在医工结合的引导下,积极探索脑卒中患者驾驶能力临床评估的客观化、精准化和智能化,对于脑卒中患者的临床康复、回归家庭、回归社会具有广阔应用前景。

**利益冲突声明:** 本文不存在任何利益冲突。

**作者贡献声明:** ①张琪负责设计论文框架,起草论文;②刘欣负责拟定写作思路;③郑斌负责论文修改;④段晓琴指导撰写文章并最后定稿。

## 参考文献

- [1] Virani S S, Alonso A, Benjamin E J, et al. Heart Disease and Stroke Statistics—2020 Update: a report from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2020, 141(9): e139–e596.
- [2] 王陇德,王金环,彭斌,等.《中国脑卒中防治报告2016》概要[J]. *中国脑血管病杂志*, 2017, 14(4): 217–224.
- [3] 刘丽旭,张通,何静杰,等.运用ICF核心分类组合脑卒中(综合版)评价脑卒中患者功能状况的多中心研究[J]. *中国康复理论与实践*, 2019, 25(7): 816–821.
- [4] Ouellet M A, Rochette A, Miéville C, et al. Portrait of driving practice following a mild stroke: a secondary analysis of a chart audit[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2020, 27(3): 181–189.
- [5] KU F L, CHEN W C, CHEN M D, et al. The determinants of motorized mobility scooter driving ability after a stroke[J]. *Disabil Rehabil*, 2021, 43(25): 3701–3710.
- [6] Shimonaga K, Hama S, Tsuji T, et al. The right hemisphere is important for driving-related cognitive function after stroke[J]. *Neurosurg Rev*, 2021, 44(2): 977–985.
- [7] Olaleye O A. Motor function, community reintegration and quality of life in stroke survivors with pre-stroke driving history[J]. *Afr J Med Med Sci*, 2018, 47(4): 391–397.
- [8] Tiu J, Harmon A C, Stowe J D, et al. Feasibility and validity of a low-cost racing simulator in driving assessment after stroke[J]. *Geriatrics (Basel)*, 2020, 5(2): 35.
- [9] Frith J, James C, Hubbard I, et al. Australian health professionals' perceptions about the management of return to driving early after stroke: a mixed methods study[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2021, 28(3): 198–206.
- [10] Yu S, Muhunthan J, Lindley R, et al. Driving in stroke survivors aged 18–65 years: the psychosocial outcomes in stroke (POISE) cohort study[J]. *Int J Stroke*, 2016, 11(7): 799–806.
- [11] Burns S P, Schwartz J K, Scott S L, et al. Interdisciplinary Approaches to facilitate return to driving and return to work in mild stroke: a position paper[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2018, 99(11): 2378–2388.
- [12] Allart E, Daveluy W, Delahaye R, et al. Simulator-based driving assessment of brain-injured patients in real

- life practice[J]. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2017. DOI: 10.1016/j.rehab.2017.07.237.
- [13] Jeon S, Son J, Park M, et al. Driving-PASS: an automatic driving performance assessment system for stroke drivers based on ANN and SVM[C]. *IEEE*, 2018. DOI: 10.1109/ICARCV.2018.8581177.
- [14] Sawada T, Tomori K, Hamana H, et al. Reliability and validity of on-road driving tests in vulnerable adults: a systematic review[J]. *Int J Rehabil Res*, 2019, 42(4): 289–299.
- [15] Choi S Y, Lee J S, Oh Y J. Cut-off point for the trail making test to predict unsafe driving after stroke[J]. *J Phys Ther Sci*, 2016, 28(7): 2110–2113.
- [16] Wolfe P L, Lehockey K A. Neuropsychological assessment of driving capacity[J]. *Arch Clin Neuropsychol*, 2016, 31(6): 517–529.
- [17] Unsworth C A, Baker A, Lannin N, et al. Predicting fitness-to-drive following stroke using the Occupational Therapy-Driver Off Road Assessment Battery[J]. *Disabil Rehabil*, 2019, 41(15): 1797–1802.
- [18] McKay A, Liew C, Schönberger M, et al. Predictors of the on-road driving assessment after traumatic brain injury: comparing cognitive tests, injury factors, and demographics[J]. *J Head Trauma Rehabil*, 2016, 31(6): E44–52.
- [19] Sakamaki K, Nishizawa S, Katsuki M, et al. On-road driving assessment in a driving school course and the results of a cognitive function test after stroke in a depopulated rural area in Japan: case series of eight patients[J]. *Cureus*, 2021, 13(5): e15293.
- [20] Motnikar L, Stojmenova K, Štaba U, et al. Exploring driving characteristics of fit-and unfit-to-drive neurological patients: a driving simulator study[J]. *Traffic Inj Prev*, 2020, 21(6): 359–364.
- [21] Imhoff S, Lavalli è re M, Teasdale N, et al. Driving assessment and rehabilitation using a driving simulator in individuals with traumatic brain injury: a scoping review[J]. *NeuroRehabilitation*, 2016, 39(2): 239–251.
- [22] Herne R, Rai S, Shiratuddin M F, et al. Using a driving simulator to improve driving awareness in stroke survivors: a pilot study[J]. *J Fundam Appl Sci*, 2018, 10(2S): 201–214.
- [23] Urlings J H J, Cuenen A, Brijs T, et al. Aiding medical professionals in fitness-to-drive screenings for elderly drivers: development of an office-based screening tool[J]. *Int Psychogeriatr*, 2018, 30(8): 1211–1225.
- [24] 徐玉明, 范红哲, 李一. 神经系疾病既往史者的健康体质评定与驾驶许可 [J]. *北京体育大学学报*, 2006, 29(11): 1513–1515.
- [25] Menamara A, John Barr C, Bond M J, et al. A pilot study: Can the UFOV assessment be used as a repeated measure to determine timing of on-road assessment in stroke?[J]. *Aust Occup Ther J*, 2019, 66(1): 5–12.
- [26] KU F L, CHEN W C, CHEN T W. Reaction time and visual field are the most relevant factors of driving ability of motorized mobility scooters after stroke[J]. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2018. DOI: 10.1016/j.rehab.2018.05.427.
- [27] Patel P, Alam T, Tracy B L, et al. Impaired force control contributes to car steering dysfunction in chronic stroke[J]. *Disabil Rehabil*, 2021, 43(14): 1948–1954.
- [28] McIntire L K, Mckinley R A, Goodyear C, et al. Detection of vigilance performance using eye blinks[J]. *Appl Ergon*, 2014, 45(2): 354–362.
- [29] Lodha N, Casamento-Moran A, Christou E A. Motor control training enhances reactive driving in stroke—a pilot study[J]. *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation II*, 2017. DOI: 10.1007/978–3–319–46669–9\_172.
- [30] Ooba H, Inoue T, Hirano M, et al. Management of rehabilitation for resumption of post-stroke taxi driving[J]. *Journal of the Japanese Council of Traffic Science*, 2017, 16(2): 46–54.
- [31] Lesmana I P D, Widiawan B, Hartadi D R. Manipulation of virtual environment to examine perception and vision aspects of individuals post-stroke when driving VRAC simulator[J]. *Journal of Physics. Conference series*, 2020, 1569(2): 22010.
- [32] 许伟豪. 基于虚拟驾驶体验的康复训练与评估系统[D]. 广东工业大学, 2017.
- [33] Sætren G B, Lindheim C, Skogstad M R, et al. Simulator versus traditional training: a comparative study of night driving training[J]. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet*, 2019, 63(1): 1669–1673.
- [34] Dimech-Betancourt B, Ross P E, Ponsford J L, et al. The development of a simulator-based intervention to rehabilitate driving skills in people with acquired brain injury[J]. *Disabil Rehabil Assist Technol*, 2021, 16(3): 289–300.
- [35] Blane A, Falkmer T, Lee H C, et al. Investigating cognitive ability and self-reported driving performance of post-stroke adults in a driving simulator[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2018, 25(1): 44–53.
- [36] Jraidi I, Khedher A B, Chaouachi M, et al. Assessing students' clinical reasoning using gaze and EEG features[J]. *International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, 2019. DOI: 10.1007/978–3–030–22244–4\_7.
- [37] Gartz R, Dickerson A, Radloff J. Effectiveness of visual scanning compensatory training after stroke[J]. *The American Journal of Occupational Therapy*, 2019, 73(4\_Supplement\_1): 7311520398p1.

编辑：刘静凯